



TUGAS AKHIR - SM 141501

**PERAMALAN JUMLAH WISATAWAN PADA TIGA
LOKASI WISATA DI KABUPATEN PACITAN
MENGUNAKAN METODE GSTAR-SUR**

WINNY PUTRI IVANA SEPTYANINGRUM
NRP 1213 100 036

Dosen Pembimbing

- 1. Dra. Nuri Wahyuningsih, M. Kes**
- 2. Drs. Iis Herisman, M.Sc**

DEPARTEMEN MATEMATIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - SM 141501

**PERAMALAN JUMLAH WISATAWAN PADA TIGA
LOKASI WISATA DI KABUPATEN PACITAN
MENGUNAKAN METODE GSTAR-SUR**

**WINNY PUTRI IVANA SEPTYANINGRUM
NRP 1213 100 036**

Dosen Pembimbing

- 1. Dra. Nuri Wahyuningsih, M. Kes**
- 2. Drs. Iis Herisman, M.Sc**

DEPARTEMEN MATEMATIKA

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - SM 141501

***FORECASTING NUMBER OF TOURIST AT THREE
TOURISM OBJECT IN PACITAN USE GSTAR-SUR
METHOD***

***WINNY PUTRI IVANA SEPTYANINGRUM
NRP 1213 100 036***

Supervisor

- 1. Dra. Nuri Wahyuningsih, M. Kes***
- 2. Drs. Iis Herisman, M.Sc***

***DEPARTMENT OF MATHEMATICS
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017***

LEMBAR PENGESAHAN

PERAMALAN JUMLAH WISATAWAN PADA TIGA LOKASI WISATA DI KABUPATEN PACITAN MENGGUNAKAN METODE GSTAR-SUR

FORECASTING NUMBER OF TOURIST AT THREE TOURISM OBJECT IN PACITAN USE GSTAR-SUR METHOD

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains pada Bidang Studi Matematika Terapan
Program Studi S-1 Departemen Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

WINNY PUTRI IVANA SEPTYANINGRUM
NRP. 1213 100 036

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II,



Drs. Iis Herisman, M.Sc
NIP. 19601002 198903 1 002

Dosen Pembimbing I,



Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes
NIP. 19650220 198903 2 002

Mengetahui,

Kepala Departemen Matematika
FMIPA ITS



Dr. Inam Mukhlash, S.Si, MT
NIP. 19700831 199403 1 003

Surabaya, Juli 2017

**PERAMALAN JUMLAH WISATAWAN PADA TIGA
LOKASI WISATA DI KABUPATEN PACITAN
MENGUNAKAN METODE GSTAR-SUR**

Nama : Winny Putri Ivana Septyaningrum
NRP : 1213 100 036
Jurusan : Matematika FMIPA-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes
2. Drs. Iis Herisman, M.Sc

ABSTRAK

Pariwisata merupakan salah satu sektor tumpuan yang diharapkan dapat memberikan kontribusi besar bagi peningkatan devisa negara. Adanya fluktuasi jumlah kedatangan wisatawan membuat nilai peramalan yang akurat mengenai jumlah wisatawan yang datang ke suatu daerah penting untuk diketahui guna membuat perencanaan ke depannya. Untuk itu tujuan utama dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk pembentukan model dan memperoleh hasil ramalan jumlah kunjungan wisatawan satu periode ke depan dengan studi kasus di tiga lokasi wisata Kabupaten Pacitan. Metode yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah metode GSTAR-SUR sebagai pengembangan dari metode GSTAR-OLS. Hasil dari Tugas Akhir ini menunjukkan bahwa GSTAR-SUR menghasilkan estimator yang lebih efisien dibandingkan model GSTAR-OLS. Sedangkan nilai RMSE terkecil untuk peramalan jumlah wisatawan dihasilkan oleh model GSTAR-SUR dengan bobot korelasi silang yakni sebesar 6.188.

Kata Kunci : GSTAR, SUR, wisatawan.

FORECASTING NUMBER OF TOURIST AT THREE TOURISM OBJECT IN PACITAN USE GSTAR-SUR

Name : Winny Putri Ivana Septyaningrum
NRP : 1213 100 036
Department : Mathematics FMIPA-ITS
Supervisor : 1. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes
2. Drs. Iis Herisman, M.Sc

ABSTRACT

Tourism is one of supporting sectors which is expected to the greatest contribution to foreign exchange. The fluctuation number of tourist arrivals makes accurate forecasting value of the tourists who come to an area is important to know in order to plan ahead. Therefore, the purpose of this Final Project is to form a model and obtain the results of forecasting the number of tourist visits in one period ahead with case studies is in three tourism object in Pacitan district. In this Final Project used GSTAR-SUR model for the method which is the development of the GSTAR-OLS model. The result of this Final Project is shows that GSTAR-SUR parameter estimates with standart error is smaller than GSTAR-OLS model, so estimator of GSTAR-SUR is efficient more than GSTAR-OLS. While, the smallest RMSE value for forecasting the number of tourist visits in one period is generated by GSTAR-SUR model and space weight of cross correlation yield that is equal to 6.188.

Keyword: GSTAR, SUR, Tourist.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“PERAMALAN JUMLAH WISATAWAN PADA TIGA LOKASI WISATA DI KABUPATEN PACITAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE GSTAR-SUR”**. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT selaku Kepala Departemen Matematika ITS yang telah memberikan dukungan dan bimbingan selama perkuliahan hingga selesainya Tugas Akhir ini.
2. Ibu Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes dan Bapak Drs. Iis Herisman, M.Sc selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan dan motivasinya kepada penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Drs. Komar Baihaqi, M.Si dan Ibu Endah Rokhmati M. P., Ph.D selaku dosen penguji yang telah memberikan saran demi perbaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Drs. Lukman Hanafi, M.Si selaku dosen wali yang selama ini memberikan dukungan, arahan, dan nasehat selama penulis menempuh pendidikan di Departemen Matematika FMIPA ITS.
5. Semua Bapak dan Ibu dosen Departemen Matematika FMIPA ITS Surabaya yang telah sabar dalam memberikan ilmu dan bantuan kepada penulis selama penulis menempuh perkuliahan.
6. Orang tua penulis yang senantiasa memberikan dukungan, nasehat, dan panjatan doa selama penulis menempuh pendidikan di Departemen Matematika FMIPA ITS.
7. Wawan, Jessica, mbak Rahma, mbak Feby, dan mbak Alfi yang telah membantu dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.

8. Faiz, Enok, Opikoh, Firda, Palupi, Sinar, Ayuk, Mila, Nurul dan Diva yang tak henti-hentinya memberi semangat, bantuan, menghibur dan memotivasi selama ini.
9. Teman-teman mahasiswa Matematika angkatan 2013, serta warga Himpunan Mahasiswa Matematika ITS (HIMATIKA ITS) yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
10. Keluarga Besar Koperasi Mahasiswa dr. Angka ITS yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
11. Sahabat dan teman-teman penulis di Pacitan yang selalu memberikan dukungan dan hiburan.

Penulis menyadari masih banyaknya kekurangan dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini sehingga diharapkan saran dan kritik agar dapat menembangkan penelitian ini. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, April 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
DAFTAR SIMBOL	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	7
2.2 Stasioneritas	8
2.2.1 Stasioneritas Dalam Varian	8
2.2.2 Stasioneritas Dalam <i>Mean</i>	12
2.3 Deret Berkala <i>Multivariate (Multivariate Time Series)</i> ...	12
2.3.1 <i>Matrix Autocorrelation Function</i> (MACF).....	13
2.3.2 <i>Matrix Partial Autocorrelation Function</i> (MPACF) ..	15
2.3.3 Uji <i>Augmented Dickey Fuller</i>	16
2.3.4 Uji Signifikansi Korelasi	16
2.4 Matriks dan Operasi Matriks	17
2.5 Model GSTAR	19
2.5.1 Pemilihan Bobot Lokasi Model GSTAR	21
2.5.2 Penaksiran Parameter Model GSTAR	23
2.5.3 Uji Signifikansi Parameter	28

	Hal
2.6 Pengujian Asumsi Residual.....	29
2.6.1 Uji <i>White Noise</i>	29
2.6.2 Uji <i>Multivariate Normal Residual</i>	29
2.7 Pemilihan Model Terbaik.....	30
2.7.1 <i>Akaike's Information Criteron (AIC)</i>	30
2.7.2 <i>Schwart's Bayesian Criteron (SBC)</i>	30
2.7.3 <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>	30
2.8 Tinjauan Non Statistik	31
2.9 Mengukur Jarak Berdasarkan Titik Koordinat	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Pengumpulan Data.....	33
3.2 Variabel Penelitian	33
3.3 Analisis Data dan Pembahasan	34
3.4 Diagram Alur	36
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Deskriptif Umum Jumlah Kunjungan Wisatawan	37
4.2 Uji Korelasi Antar Variabel.....	39
4.3 Model GSTAR.....	40
4.4 Pemodelan Data Menggunakan GSTAR-OLS	49
4.4.1 Penaksiran Parameter Menggunakan Bobot Invers Jarak	49
4.4.2 Penaksiran Parameter Menggunakan Bobot Korelasi Silang	57
4.5 Pemodelan Data Menggunakan GSTAR-SUR	63
4.5.1 Penaksiran Parameter Menggunakan Bobot Invers Jarak	63
4.5.2 Penaksiran Parameter Menggunakan Bobot Korelasi Silang	68
4.6 Pengujian Asumsi Residual	72
4.6.1 Uji <i>White Noise</i>	73
4.6.2 Uji <i>Multivariate Normal Residual</i>	74
4.7 Perbandingan <i>Standart Error</i> Model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR	77

	Hal
4.8 Peramalan Jumlah Wisatawan Menggunakan Model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR	78
4.9 Pemilihan Model Terbaik	82
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN	87
BIODATA PENULIS	119

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1	Contoh Transformasi <i>Box-Cox</i>11
Gambar 2.2	Contoh Plot MACF dengan Tiga Data <i>Time Series</i>14
Gambar 2.3	Contoh Plot MPACF dengan Tiga Data <i>Time Series</i>15
Gambar 2.4	Contoh Peta Lokasi.....21
Gambar 3.1	Diagram Alur Pembentukan Model GSTAR-SUR35
Gambar 4.1	Plot <i>Time Series</i> Jumlah Wisatawan di Tiga Lokasi Wisata Kabupaten Pacitan39
Gambar 4.2	Plot Box-Cox untuk $A_1(t)$41
Gambar 4.3	Plot Box-Cox untuk $Y_1(t)$42
Gambar 4.4	Plot Box-Cox untuk $Z_1(t)$42
Gambar 4.5	Plot Box-Cox untuk $A_2(t)$43
Gambar 4.6	Plot Box-Cox untuk $Y_2(t)$43
Gambar 4.7	Plot Box-Cox untuk $Z_2(t)$44
Gambar 4.8	Plot Box-Cox untuk $A_3(t)$44
Gambar 4.9	Plot Box-Cox untuk $X_3(t)$45
Gambar 4.10	Plot Box-Cox untuk $Y_3(t)$45
Gambar 4.11	Plot Box-Cox untuk $Z_3(t)$46
Gambar 4.12	MPACF $Z_1(t), Z_2(t)$ dan $Z_3(t)$48
Gambar 4.13	Nilai SBC.....49
Gambar 4.14	Peta Objek Wisata50
Gambar 4.15	Skema MACF Residual GSTAR-OLS (1_i) dengan Bobot a) Invers Jarak b) Korelasi Silang.....74
Gambar 4.16	Skema MACF Residual GSTAR-SUR (1_i) dengan Bobot a) Invers Jarak b) Korelasi Silang.....74
Gambar 4.17	Plot <i>Chi Square</i> Residual GSTAR-OLS (1_i) dengan Bobot a) Invers Jarak b) Korelasi Silang.....75

Gambar 4.18	Plot <i>Chi Square</i> Residual GSTAR-SUR (1_1) dengan Bobot a) Invers Jarak b) Korelasi Silang	76
Gambar 4.19	Hasil Ramalan <i>Out Sample</i> Jumlah Wisatawan Pada Objek Wisata Goa Gong dengan Bobot a) Invers Jarak b) Korelasi Silang	78
Gambar 4.20	Hasil Ramalan <i>Out Sample</i> Jumlah Wisatawan Pada Objek Wisata Pantai Klayar dengan Bobot a) Invers Jarak b) Korelasi Silang	80
Gambar 4.21	Hasil Ramalan <i>Out Sample</i> Jumlah Wisatawan Pada Objek Wisata Pemandian Air Hangat dengan Bobot a) Invers Jarak b) Korelasi Silang	81

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Transformasi <i>Box-Cox</i>	9
Tabel 2.2 Contoh Nilai MACF dengan Tiga Data Time Series.....	14
Tabel 2.3 Contoh Nilai MPACF dengan Tiga Data Time Series.....	15
Tabel 4.1 Rata-Rata Jumlah Wisatawan di Tiga Lokasi Wisata di Kabupaten Pacitan	37
Tabel 4.2 Statistika Deskriptif Jumlah Kunjungan Wisatawan.....	38
Tabel 4.3 Nilai Korelasi Antar Variabel	39
Tabel 4.4 Hasil Uji Korelasi Antar Variabel.....	40
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kestasioneran dengan Uji ADF....	47
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kestasioneran dengan Uji ADF....	47
Tabel 4.7 Nilai MPACF pada $Z_1(t)$, $Z_2(t)$, dan $Z_3(t)$	48
Tabel 4.8 Koordinat Lintang dan Bujur Objek Wisata	50
Tabel 4.9 Jarak Antar Objek Wisata	51
Tabel 4.10 Perhitungan Bobot Lokasi Invers Jarak	52
Tabel 4.11 Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR-OLS (1 ₁)-I(1) Menggunakan Semua Variabel Pada Bobot Invers Jarak	53
Tabel 4.12 Korelasi Silang Parsial $Z_1(t)$, $Z_2(t)$, dan $Z_3(t)$	57
Tabel 4.13 Perhitungan Bobot Lokasi Korelasi Silang.....	58
Tabel 4.14 Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR-OLS (1 ₁)-I(1) Menggunakan Semua Variabel Pada Bobot Korelasi Silang.....	59
Tabel 4.15 Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR-SUR (1 ₁)-I(1) Menggunakan Semua Variabel Pada Bobot Invers Jarak	64
Tabel 4.16 Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR-SUR (1 ₁)-I(1) Menggunakan Semua Variabel Pada Bobot Korelasi Silang.....	68
Tabel 4.17 Nilai <i>Standart Error</i> Model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR dengan Bobot Invers Jarak.....	77

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 4.18 Nilai <i>Standart Error</i> Model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR dengan Bobot Korelasi Silang	77
Tabel 4.19 RMSE Model GSTAR-OLS (1_1) dan GSTAR-SUR (1_1) Tiap Bobot.....	82

DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
Lampiran A Data Jumlah Wisatawan pada Tiga Lokasi Wisata di Kabupaten Pacitan Tahun 2011-2016 ..	87
Lampiran B Syntax Program SAS Identifikasi Model GSTAR.....	91
Lampiran C Program SAS Estimasi Parameter Kunjungan Wisatawan dengan Bobot Invers Jarak	93
Lampiran D Hasil Estimasi Parameter GSTAR-OLS (1_1)-I(1) dengan Bobot Invers Jarak	99
Lampiran E Hasil Estimasi Parameter GSTAR-SUR (1_1)-I(1) dengan Bobot Invers Jarak	101
Lampiran F Program SAS Estimasi Parameter Kunjungan Wisatawan dengan Bobot Korelasi Silang	103
Lampiran G Hasil Estimasi Parameter GSTAR-OLS (1_1)-I(1) dengan Bobot Korelasi Silang	109
Lampiran H Hasil Estimasi Parameter GSTAR-SUR (1_1)-I(1) dengan Bobot Korelasi Silang	111
Lampiran I Syntax Matlab Uji Normalitas.....	113
Lampiran J Tabel Distribusi-t	115
Lampiran K Tabel Nilai Kritis MacKinnon.....	117

DAFTAR SIMBOL

$\rho_{ij}(k)$: korelasi silang sampel dari komponen deret ke- i dan ke- j
r_{ij}	: nilai korelasi lokasi ke i dengan lokasi ke j
n	: jumlah pengamatan
N	: jumlah lokasi
k	: variabel prediktor
Z_t	: vektor pengamatan ukuran $N \times 1$ pada waktu t
Φ_{k0}	: matriks koefisien parameter waktu
Φ_{kl}	: matriks koefisien parameter spasial
$W^{(l)}$: matriks bobot pada lag spasial ke- l
$e(t)$: vektor residual ukuran $N \times 1$ berdistribusi <i>multivariate</i> normal dengan mean 0 dan matriks varians-kovarian $\sigma^2 I_N$
ϕ_{ik}^1	: vektor parameter dengan $i = 1, \dots, N$ dan $k = 0, 1$
$S(\phi_{ik}^1)$: <i>standart error</i> dari ϕ_{ik}^1
M	: banyaknya ramalan yang dilakukan
σ_{ii}	: varians persamaan ke- i
σ_{ik}	: varians persamaan ke- i dan ke- k
Σ	: matriks varians-kovarians berukuran $N \times N$
Ω	: matriks varians-kovarians <i>Seemingly Unrelated Regression</i>
L_1	: garis lintang lokasi 1
L_2	: garis lintang lokasi 2
B_1	: garis bujur lokasi 1
B_2	: garis bujur lokasi 2
d	: sudut dalam radian
S	: jarak dalam kilometer

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, serta sistematika penulisan dalam Tugas Akhir ini.

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak di sepanjang daerah khatulistiwa yang memiliki kekayaan sumberdaya alam yang cukup tinggi. Selain kekayaan sumber daya alam yang melimpah, unsur keindahan alam, keunikan budaya, peninggalan sejarah, keanekaragaman flora dan fauna serta keramah-tamahan penduduk lokal menjadi nilai tambah bagi pengembangan sektor pariwisata di Indonesia. Salah satu wujud dari kegiatan pariwisata sebagai sektor yang dapat merangsang pertumbuhan ekonomi tertuang pada Undang-Undang Nomor 10 tahun 2009 tentang kepariwisataan yang menyatakan bahwa pembangunan kepariwisataan diarahkan pada peningkatan pariwisata menjadi sektor andalan yang mampu meningkatkan kegiatan ekonomi, termasuk kegiatan sektor lain yang terkait, sehingga mampu membuka lapangan pekerjaan, meningkatkan pendapatan masyarakat, pendapatan daerah dan sumber devisa negara.

Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang juga memiliki banyak tempat wisata yang indah dan tak kalah menarik dengan provinsi yang lainnya. Kabupaten Pacitan sebagai salah satu daerah di Provinsi Jawa Timur yang memiliki potensi yang sangat besar di sektor pariwisata. Maka dari itu, tak heran jika jumlah wisatawan yang berkunjung ke Kabupaten Pacitan selalu meningkat setiap tahunnya. Prediksi atau peramalan banyak kunjungan wisatawan ke Kabupaten Pacitan dirasa perlu untuk dilakukan. Jika proses peramalan bisa dilakukan, maka pemerintah Kabupaten Pacitan dapat merumuskan kebijakan-kebijakan yang sekiranya perlu untuk

mengantisipasi meledaknya jumlah kunjungan wisatawan. Dengan demikian, peramalan jumlah wisatawan mancanegara menjadi penting dan ketepatan akan analisis *time series* akan sangat bermanfaat bagi penetapan strategi peningkatan sektor pariwisata yang dapat menarik wisatawan untuk berkunjung ke Pacitan.

Time series adalah sekelompok nilai pengamatan yang diperoleh pada titik waktu yang berbeda dengan selang waktu yang sama. Pada beberapa studi empirik, data deret waktu seringkali memiliki kompleksitas tersendiri. Data tidak hanya dipengaruhi oleh waktu-waktu sebelumnya saja, tetapi juga mempunyai keterkaitan antara satu lokasi dengan lokasi lainnya. Data dengan keterkaitan deret waktu dan lokasi disebut dengan data *space time*.

Model *space time* pertama kali diperkenalkan oleh Pfeifer dan Deutsch untuk meramalkan tingkat kejahatan pada 14 wilayah di Negara Bagian Boston Tenggara pada tahun 1980 dan beberapa penelitian pada tahun-tahun berikutnya. Model *Space Time Autoregressive* (STAR) yang dikembangkan oleh Pfeifer dan Deutsch mempunyai kelemahan pada fleksibilitas parameter yang menjelaskan keterkaitan lokasi dan waktu yang berbeda pada data *space time*. Kelemahan ini diperbaiki oleh Borovkova, Lopuhaä, dan Ruchjana melalui model yang dikenal dengan model *Generalized Space-Time Autoregressive* (GSTAR) [1].

Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan kajian terapan model GSTAR, antara lain Novita memodelkan kejadian demam berdarah dengan metode GSTAR [2]. Wutsqa memodelkan data pariwisata dengan menggunakan model VAR-GSTAR [3]. Atiek Iriany [4] yang menerapkan model GSTAR-SUR untuk meramalkan curah hujan di Kota Batu.

Metode untuk mengestimasi parameter dalam model GSTAR adalah menggunakan OLS [5]. Estimasi dengan metode OLS pada model GSTAR dengan residual saling berkorelasi akan menghasilkan estimator yang tidak efisien. Salah satu metode estimasi yang sesuai untuk residual yang saling berkorelasi adalah *Generalized Least Square* (GLS), yang biasa digunakan dalam model *Seemingly Unrelated Regression* (SUR) [6].

Dalam penulisan Tugas Akhir ini akan dilakukan pengembangan model GSTAR untuk data yang tidak stasioner dengan menggunakan metode GLS yang biasa digunakan dalam model SUR. Sebagai studi kasus, diaplikasikan model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR untuk mendapatkan peramalan jumlah kunjungan wisatawan di tiga lokasi wisata di Kabupaten Pacitan, yaitu Goa Gong, Pantai Klayar, dan Pemandian Air Hangat Tirto Husodo. Hal ini dikarenakan ketiga lokasi wisata tersebut merupakan objek wisata di Kabupaten Pacitan yang seringkali menjadi tujuan utama para wisatawan, sehingga dimungkinkan adanya keterkaitan antara banyak wisatawan dari ketiga lokasi wisata tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disajikan, rumusan masalah yang akan diselesaikan pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana model GSTAR-SUR dengan metode *Generalized Least Square* (GLS) yang sesuai untuk peramalan jumlah wisatawan pada tiga lokasi wisata di Kabupaten Pacitan.
2. Bagaimana perbandingan akurasi hasil peramalan model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR pada data jumlah wisatawan di tiga lokasi wisata di Kabupaten Pacitan.

1.3 Batasan Masalah

Dalam Tugas Akhir ini, memiliki batasan masalah sebagai berikut :

1. Data yang digunakan merupakan data sekunder jumlah kunjungan wisatawan setiap bulan pada tiga lokasi wisata di Kabupaten Pacitan periode Januari 2011 sampai dengan Desember 2016.
2. Peramalan dilakukan pada tiga lokasi wisata di Kabupaten Pacitan, yaitu Goa Gong, Pantai Klayar, dan Pemandian Air Hangat Tirto Husodo.
3. Bobot lokasi yang digunakan dalam analisis adalah bobot lokasi invers jarak dan bobot lokasi korelasi silang.

4. Model GSTAR yang digunakan adalah model GSTAR dengan orde spasial 1.
5. Software yang digunakan adalah *SAS*, *Eviews 9*, *MATLAB*, dan *Minitab 16.0*.

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Mendapatkan model GSTAR-SUR dalam peramalan jumlah wisatawan pada tiga lokasi wisata di Kabupaten Pacitan.
2. Membandingkan hasil peramalan model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR pada data jumlah wisatawan di tiga lokasi wisata di Kabupaten Pacitan.

1.5 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan dalam penerapan metode *Generalized Least Square* (GLS) untuk estimasi parameter model GSTAR-SUR. Penelitian ini diharapkan memperoleh hasil ramalan yang sesuai untuk jumlah wisatawan pada tiga lokasi wisata yang ada di Kabupaten Pacitan untuk beberapa periode ke depan. Serta mengetahui keterkaitan jumlah wisatawan pada tiga lokasi wisata tersebut. Sehingga hasil ramalan ini selanjutnya dapat dijadikan sebagai dasar upaya pemerintah setempat untuk melakukan pengembangan dan perencanaan pada sektor pariwisata di Kabupaten Pacitan.

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini disusun berdasarkan sistematika penulisan sebagai berikut:

- BAB I Pendahuluan, berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan Tugas Akhir.
- BAB II Tinjauan Pustaka, menjelaskan tentang dasar teori yang digunakan penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir

ini, yaitu meliputi *Time Series*, *Least Square*, GSTAR, dan SUR.

BAB III Metodologi Penelitian, berisi tentang langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.

BAB IV Analisis dan Pembahasan, menjelaskan mengenai hasil analisis data dan pembahasan secara keseluruhan dengan menggunakan GSTAR-SUR

BAB V Penutup, berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan Tugas Akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan teori-teori yang terkait dengan permasalahan dalam Tugas Akhir. Teori-teori yang dibahas antara lain adalah pengertian *time series*, pengertian dan bentuk umum GSTAR dan SUR.

2.1 Penelitian Sebelumnya

Tinjauan pustaka yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah beberapa penelitian yang relevan dengan tema yang diambil. Novita melakukan penelitian untuk mendapatkan model kejadian demam berdarah di Kota Surabaya dengan metode GSTAR [2]. Dari hasil analisis dengan GSTAR, diketahui bahwa model GSTAR (1_1) -I(1) dapat digunakan untuk pemodelan kejadian demam berdarah di Kota Surabaya. Pemilihan model yang sesuai dengan kondisi data adalah model GSTAR (1_1) -I(1) dengan bobot lokasi seragam dengan nilai RMSE sebesar 5772. Namun pada penelitian ini hanya dilakukan pada empat kecamatan di Kota Surabaya karena keterbatasan data yang ada, sehingga disarankan untuk menambah jumlah data agar dapat memodelkan seluruh kecamatan di Kota Surabaya.

Penelitian selanjutnya mengenai penerapan metode Var-GSTAR untuk meramalkan data pariwisata di Yogyakarta yang dilakukan oleh Dhoriva Urwatul Wutsqa dan Suhartono [3]. Dalam penelitian tersebut, hasil perbandingan kesesuaian model dan ketepatan ramalan menunjukkan bahwa model VAR-GSTAR memberikan hasil yang lebih rasional bila dibandingkan dengan model VARMA. Pada penelitian ini, masih diperlukan kajian lebih lanjut berkaitan dengan pemodelan data deret waktu *multivariate* yang berpola *seasonal*, khususnya yang melibatkan model multiplikatif antar unsur yang *non-seasonal* dan *seasonal*.

Dalam penelitian Atiek Iriany menjelaskan ramalan data curah hujan di Kota Batu menggunakan model GSTAR-SUR [4]. Dalam penelitian ini diperoleh nilai R^2 untuk 5 lokasi sebesar 53,84%.

Nilai ramalan terbesar terletak di Ngujung yaitu 55,19%. Ini berarti bahwa curah hujan di Ngujung dapat dijelaskan oleh pengaruh curah hujan di Ngujung itu sendiri dan empat stasiun lainnya yang memiliki pola MACF dan MPACF yang sama berdasarkan model GSTAR ((1),(1,2,12,24))-SUR.

Pada Tugas Akhir ini, penulis mengkombinasikan beberapa metode pada penelitian-penelitian sebelumnya yaitu meramalkan jumlah kunjungan wisatawan di tiga lokasi wisata Kabupaten Pacitan dengan menggunakan metode GSTAR-SUR.

2.2 Stasioneritas

Data stasioner adalah data runtun waktu yang paling sederhana dan sangat bermanfaat untuk menjelaskan beragam jenis analisis runtun waktu lainnya. Data dikatakan stasioner apabila pola data tersebut berada pada kesetimbangan di sekitar rata-rata (*mean*) dan varian yang konstan selama waktu tertentu. Adapun stasioner dalam *time series* ada dua macam yaitu stasioner dalam varian dan stasioner dalam *mean*.

2.2.1 Stasioneritas dalam Varian

Kestasioneran data secara varian dapat dilihat dari Transformasi *Box-Cox*. Suatu data dikatakan stasioner apabila *rounded value*-nya bernilai 1. Jika data tidak stasioner dalam varian, maka dilakukan transformasi agar nilai varian menjadi konstan. Misalkan model tentatif yang digunakan adalah $W = X\beta + \varepsilon$ [5][6].

$$W_i(\lambda) = \begin{cases} \frac{Y_i^\lambda - 1}{\lambda} & , \lambda \neq 0 \\ \ln Y_i & , \lambda = 0 \end{cases}$$

dengan

$W_i(\lambda)$: Transformasi data ke- t

i : Indeks waktu

λ : Nilai koefisien dari transformasi *Box-Cox*.

Nilai λ beserta aturan transformasi *Box-Cox* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Transformasi *Box-Cox*

Nilai λ	Transformasi
-2	$\frac{1}{Z_t^2}$
-1	$\frac{1}{Z_t}$
-0.5	$\frac{1}{\sqrt{Z_t}}$
0	$\ln Z_t$
0.5	$\sqrt{Z_t}$
1	Z_t (tidak ada transformasi)
2	Z_t^2

Transformasi *Box-Cox* memerlukan informasi nilai λ , dimana nilai tersebut menentukan transformasi yang harus dilakukan. Penaksiran parameter λ dapat dicari dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood*. Dari model $W = X\beta + \varepsilon$, maka

$$L(\beta, \lambda, \tau^2) = (2\pi\tau^2)^{-\frac{n}{2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2\tau^2} (w_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2 \right\}$$

$$\ln L = -\left(\frac{n}{2}\right) \ln 2\pi - \left(\frac{n}{2}\right) \ln \sigma^2 - \left(\frac{1}{2\tau^2}\right) \sum_{i=1}^n (W_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2$$

$$\ln L = -\left(\frac{n}{2}\right) \ln 2\pi - \left(\frac{n}{2}\right) \ln \sigma^2 - \left(\frac{1}{2\tau^2}\right) (W - X\beta)'(W - X\beta)$$

$$L \text{ maks } (\lambda) = -\frac{n}{2} \ln \hat{\sigma}^2(\lambda) + \ln J(\lambda, Y)$$

dengan n adalah jumlah pengamatan, dan $\hat{\sigma}^2(\lambda)$ adalah $\frac{1}{n} (JKS)$, setelah menduga model regresi dengan λ yang ditentukan.

Maka $J(\lambda, Y) = \prod_1^n \frac{\partial W_i}{\partial Y} = \prod_1^n Y_i^{\lambda-1}$, untuk semua λ

$$\ln J(\lambda, Y) = (\lambda - 1) \sum_1^n \ln Y_i$$

sehingga $L \text{ maks } (\lambda) = -\frac{n}{2} \ln \hat{\sigma}^2(\lambda) + (\lambda - 1) \sum \ln Y_i$

Jika direduksi terhadap konstanta, maka $L_{maks}(\lambda) = -\frac{n}{2} \ln \hat{\sigma}^2(\lambda)$. Sehingga L akan maksimal dengan nilai λ yang ditetapkan adalah identik dengan meminimalkan $\hat{\sigma}^2$, yaitu meminimalkan dari Jumlah Kuadrat Sesatan (JKS) yang diperoleh dari pengepasan model regresi. tentang metode Box Cox diatas. Maka dapat disimpulkan langkah-langkah untuk menentukan λ , yaitu:

1. Pilih λ dari kisaran yang ditetapkan (biasanya (-2,2) atau (-1,1))
 2. Untuk masing-masing λ , dibuat model $W = X\beta + \varepsilon$. Dari model regresi ini didapat JKS, langkah 2 ini dilakukan terus menerus pada setiap λ yang ditetapkan sehingga diperoleh beberapa JKS.
 3. Plot antara JKS dan λ .
 4. Pilih sebagai penduga λ adalah λ yang meminimumkan JKS.
- Bentuk alternatif lain, yang lebih disukai pengguna adalah :

$$V_i = \frac{W_i}{\frac{1}{\{J(\lambda, Y)\}^n}}$$

$$\text{dan } L_{maks}(\lambda) = -\frac{n}{2} \ln \hat{\sigma}^2(\lambda, V)$$

dengan $V = (V_1, V_2, V_3, \dots)$ dan $\hat{\sigma}^2(\lambda, V) = S(\lambda, V)/n$ adalah jumlah kuadrat sisa yang diperoleh berdasarkan model $V = X\beta + \varepsilon$. Fungsi $S(\lambda, V)$, menjadi :

$$V_i = \frac{W_i}{\hat{Y}^{\lambda-1}}, \text{ dimana } \hat{Y} = (Y_1, Y_2, \dots)^{\frac{1}{n}}$$

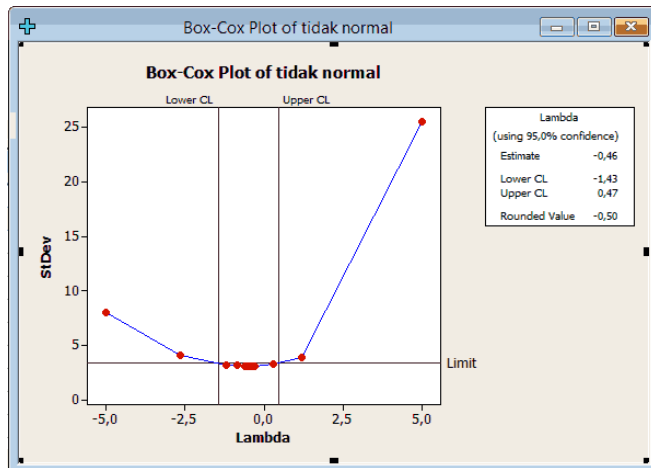
Suatu pendekatan $100(1-\alpha) \%$ selang kepercayaan untuk λ dapat dihitung:

$$JKS^* = JKS(\lambda) \left\{ 1 + \frac{t^2_{\frac{\alpha}{2}, v}}{v} \right\}$$

$JKS(\lambda)$ adalah JKS minimum dan v adalah derajat bebas dari galat. Dengan membuat grafik, dengan sumbu x adalah nilai-nilai

λ dan sumbu y adalah nilai-nilai JKS, akan diperoleh suatu kurva dan dengan menarik garis horizontal pada nilai JKS* pada sumbu y, maka akan diperoleh batas –batas selang untuk λ yang sesuai.

Misalnya, jika nilai λ yang didapatkan adalah -0,5 maka transformasi yang tepat adalah $\frac{1}{\sqrt{Z_t}}$. Contoh transformasi *Box-Cox* menggunakan *software* Minitab dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Contoh Transformasi *Box-Cox*

Pada Gambar 2.1 menunjukkan hubungan antara lambda dan standar deviasi. Terlihat pada Gambar 2.1 nilai standar deviasi semakin kecil berada pada *Lower CL* dan *Upper CL* yang berupa garis vertikal. Batas tersebut yang menunjukkan bahwa lambda yang terbaik berada pada garis tersebut karena nilai standar deviasi yang kecil. Nilai lambda yang baik *Lower CL* dan *Upper CL* -1,43 sampai 0,47 dimana nilai lambda dengan estimasi terbaik yaitu -0,46. Namun nilai lambda yang sebaiknya diambil yaitu lambda yang mudah dimengerti. Sehingga pada *software* Minitab menyarankan nilai lambda yang diambil pada bagian *rounded value* yaitu -0,5.

2.2.2 Stasioneritas dalam Mean

Data runtun waktu dikatakan stasioner dalam *mean*, jika $E(Y_t) = \mu$ yang artinya nilai *mean* konstan terhadap waktu. *Time series* yang tidak stasioner dalam *mean* yang berarti $E(y_t)$ dipengaruhi oleh waktu pengamatan yaitu $E(Y_t) = \mu_t$. Untuk mengatasi *time series* yang tidak stasioner dalam *mean* dapat dilakukan pembedaan atau sering disebut dengan *differencing*. *Differencing* data *time series* dapat dirumuskan seperti berikut [5]:

$$Z_t^* = Z_t - Z_{t-1}$$

dengan

Z_t^* : *Differencing* orde ke-1

t : Indeks waktu

Z_t : Data pengamatan ke- t

Z_{t-1} : Data pengamatan ke- $(t-1)$.

2.3 Deret Berkala *Multivariate (Multivariate Time Series)*

Analisis *time series* digunakan ketika data penelitian yang digunakan terpaut oleh waktu, sehingga terdapat korelasi antara data kejadian saat ini juga dipengaruhi oleh kejadian di satu periode waktu sebelumnya. Artinya bahwa kejadian saat ini juga dipengaruhi oleh kejadian di satu periode waktu sebelumnya. Analisis *multivariate time series* pada umumnya digunakan untuk memodelkan dan menjelaskan interaksi serta pergerakan diantara sejumlah variabel *time series*.

Kestasioneran data pada model *multivariate time series* secara visual dapat dilihat dari plot *Matrix Autocorrelation Function* (MACF) dan *Matrix Partial Autocorrelation Function* (MPACF). Data stasioner dalam *mean* dapat dilihat dari plot MACF. Plot MACF yang turun secara lambat mengidentifikasi bahwa data belum stasioner dalam *mean*, sehingga perlu dilakukan *differencing* untuk menstasionerkan data. Demikian juga saat data tidak stasioner dalam *varians* dapat dilihat melalui plot MPACF. Jika batas atas dan batas bawah dari nilai λ pada plot MPACF kurang dari satu, maka data belum stasioner dalam *varians*, sehingga perlu dilakukan transformasi [2].

2.3.1 Matrix Autocorrelation Function (MACF)

Jika terdapat sebuah vektor *time series* $\{Y_{i,t}\}$ dengan $i = 1, 2, \dots, m$ dan $t = 1, 2, \dots, T$ dimana m menunjukkan banyak *series* dan T menunjukkan banyak observasi pada setiap *series*, maka persamaan matriks korelasi sampelnya (MACF) adalah sebagai berikut [9]:

$$\hat{\rho}(k) = [\hat{\rho}_{ij}(k)]$$

dengan $\hat{\rho}_{ij}(k)$ merupakan komponen *series* ke- i dan ke- j pada lag ke- k dari matriks korelasi silang yang dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\hat{\rho}_{ij}(k) = \frac{\sum_{t=1}^{T-k} (Y_{i,t} - \bar{Y}_i)(Y_{j,t+k} - \bar{Y}_j)}{\left[\sum_{t=1}^T (Y_{i,t} - \bar{Y}_i)^2 \sum_{t=1}^T (Y_{j,t} - \bar{Y}_j)^2 \right]^{1/2}}.$$

Simbol \bar{Y}_i dan \bar{Y}_j menunjukkan rata-rata sampel dari komponen *series* yang bersesuaian untuk vektor proses yang stasioner. $\hat{\rho}_{ij}(k)$ adalah estimator yang berdistribusi normal asimtotik [11]. Persamaan matriks korelasi silang sampel ini digunakan untuk mengidentifikasi orde dalam model *moving average* (MA). Tiao dan Box memperkenalkan sebuah metode yang sesuai untuk meringkas penjelasan hasil korelasi silang sampel, yaitu dengan menggunakan simbol (+), (-), dan (.) pada posisi (i, j) dari matriks korelasi silang pada sampel. Dengan simbol (+) menunjukkan bahwa nilai yang lebih besar dari 2 kali estimasi standar *error* yang artinya bahwa adanya hubungan korelasi positif, simbol (-) menunjukkan bahwa nilai yang kurang dari -2 kali estimasi standar *error* atau adanya hubungan korelasi negatif, dan simbol (.) menotasikan nilai yang berada di antara ± 2 kali estimasi standar *error* yang artinya tidak terdapat hubungan korelasi. Data *time series* dikatakan sudah stasioner apabila plot MACF jarang menampilkan tanda (+) dan (-) dan sebagian besar simbol yang mendominasi adalah (.) [12]. Contoh nilai MACF untuk tiga lokasi dengan jumlah observasi sebanyak 300 disajikan pada Tabel 2.2 [10].

Tabel 2.2 Contoh Nilai MACF dengan Tiga Data *Time Series*

Lag	0			1			2		
Variabel	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃
Z ₁	1	0.03	-0.03	-0.08	-0.01	0	-0.02	0.07	-0.03
Z ₂	0.03	1	-0.01	-0.03	0.13	0.04	-0.06	-0.06	-0.08
Z ₃	-0.03	-0.01	1	0.03	0.01	-0.05	0.06	-0.03	0.05

Nilai batas ± 2 kali estimasi *standart error* didapatkan melalui perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 \pm 2 \times SE \left(\rho_{ij}(1) \right) &= \pm 2 \times \sqrt{\frac{1}{300-1}} \\
 &= \pm 2 \times \sqrt{\frac{1}{299}} \\
 &= \pm 2 \times 0,058 \\
 &= \pm 0,116
 \end{aligned}$$

Tabel 2.2 menunjukkan hasil perhitungan nilai MACF dari tiga data *time series* dengan batas ± 2 kali estimasi standar *error*, nilai tersebut selanjutnya dinotasikan dalam bentuk simbol seperti pada Gambar 2.2.

Variable/ Lag	0	1	2
z1	+.
z2	. + .	. +
z3	. . +

Gambar 2.2 Contoh *Plot* MACF dengan Tiga Data *Time Series*

2.3.2 Matrix Partial Autocorrelation Function (MPACF)

Jika MACF digunakan untuk mengidentifikasi orde MA, maka MPACF digunakan untuk mengidentifikasi orde AR. Matriks autokorelasi parsial (MPACF) pada lag s , dinotasikan dengan $P(s)$, menjadi matriks koefisien terakhir ketika data ditetapkan sebagai proses VAR orde s [9]. Generalisasi PACF ke dalam

bentuk vektor *time series* dilakukan oleh Tiao dan Box yang mendefinisikan matriks autoregresi parsial pada lag s pada persamaan

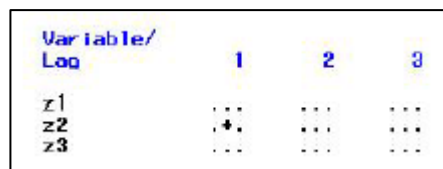
$$\mathbf{Z}_{t+s} = \Phi_{s,1}\mathbf{Z}_{t+s+1} + \Phi_{s,2}\mathbf{Z}_{t+s+2} + \dots + \mathbf{e}_{s,t+s}$$

Untuk memudahkan dalam mengidentifikasi data berdasarkan nilai MPACF, maka nilai-nilai MPACF juga dinotasikan dalam bentuk simbol (+), (-), dan (.). Persamaan MPACF juga memiliki sifat *cut-off* untuk vektor proses AR. Contoh nilai MACF untuk tiga lokasi dengan jumlah observasi sebanyak 300 disajikan pada Tabel 2.3. [10]

Tabel 2.3 Contoh Nilai MPACF dengan Tiga Data *Time Series*

Lag	1			2			3		
Variabel	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃
Z ₁	-0,08	-0,08	0	0,01	0,07	0	-0,02	-0,09	0,05
Z ₂	0	0,13	0,04	-0,07	-0,08	-0,08	0,03	0,02	0,06
Z ₃	0,03	0,01	-0,05	0,07	-0,03	0,05	0	-0,03	0,04

Tabel 2.3 menunjukkan hasil perhitungan nilai MACF dari tiga data *time series* dengan batas ± 2 kali estimasi standar *error*, nilai tersebut selanjutnya dinotasikan dalam bentuk symbol seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Contoh *Plot* MPACF dengan Tiga Data *Time Series*

2.3.3 Uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF)

Penentuan kestasioneran data dengan analisis grafik memiliki subjektivitas tinggi sehingga dimungkinkan adanya perbedaan dalam mengambil keputusan. Oleh karena itu, dilakukan uji untuk

menentukan kestasioneran data yaitu uji *unit root test*. Terdapat beberapa metode pengujian dengan metode tersebut, salah satunya adalah *augmented dickey-fuller* (ADF). Uji yang digunakan adalah *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) sebagai berikut [16]:

Hipotesis:

H_0 : terdapat *unit root* (data tidak stasioner)

H_1 : tidak terdapat *unit root* (data stasioner)

Statistik Uji:

$$|t_{statistik}| = \left| \frac{\hat{y}}{SE(\hat{y})} \right|$$

$$t_{tabel} = \phi_{\infty} + \phi_1 T^{-1} + \phi_2 T^{-2}$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, jika $|t_{statistik}| > |t_{tabel}|$ maka H_0 ditolak artinya data stasioner.

dengan

\hat{y} : koefisien

SE : standar *error*

2.3.4 Uji Signifikansi Korelasi

Pengujian hipotesis untuk korelasi digunakan untuk mengetahui signifikansi nilai korelasi. Uji yang digunakan adalah uji-t sebagai berikut [13]:

Hipotesis:

$H_0 : r_{ij} = 0$, dengan $i = 1,2,3 ; j = 1,2,3$; dan $i \neq j$
(tidak ada korelasi antar variabel)

$H_1 : r_{ij} \neq 0$, dengan $i = 1,2,3 ; j = 1,2,3$; dan $i \neq j$
(ada korelasi antar variabel)

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

$$t_{tabel} = t_{(\frac{\alpha}{2}, n-p-1)}$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, jika $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak artinya ada korelasi antar variabel.

dengan

r : nilai korelasi

n : banyak data

2.4 Matriks dan Operasi Matriks

Matriks adalah susunan baris dan kolom yang terdiri dari entri (unsur) berupa bilangan-bilangan. Matriks biasanya dinyatakan dengan sebuah huruf besar bercetak tebal. Dalam matriks dikenal istilah ordo. Ordo suatu matriks adalah bilangan yang menunjukkan banyaknya baris (m) dan banyaknya kolom (n) pada matriks. Suatu matriks A dengan baris m dan kolom n dapat ditulis sebagai berikut:

$$A_{m \times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{mn} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Berikut diberikan beberapa sifat matriks [17].

Definisi 2.1 Jika A dan B adalah matriks $m \times n$, maka transpose dari A dinyatakan dengan A' , didefinisikan sebagai matriks $n \times m$ yang didapatkan dengan mempertukarkan baris-baris dan kolom-kolom dari A . ■

Teorema 2.1 Sifat dari transpose matriks. Jika A dan B adalah matriks berukuran $n \times m$ dan suatu scalar k , maka

1. $(A')' = A$
2. $(A + B)' = A' + B'$
3. $(kA)' = kA'$
4. $(AB)' = B'A'$ ■

Definisi 2.2 Jika A adalah matriks bujur sangkar, dan jika terdapat matriks B yang ukurannya sama sedemikian rupa sehingga $AB=BA=I$, maka A disebut *invertible* dan B disebut invers dari A . jika matriks B tidak dapat didefinisikan maka A dinyatakan sebagai matriks singular. ■

Teorema 2.2 Jika \mathbf{A} adalah matriks yang *invertible*, maka \mathbf{A}' juga *invertible* dan

$$(\mathbf{A}')^{-1} = (\mathbf{A}^{-1})' \quad \blacksquare$$

Teorema 2.3 Jika \mathbf{A} dan \mathbf{B} adalah matriks-matriks yang *invertible* dengan ukuran yang sama, maka \mathbf{AB} *invertible* dan

$$(\mathbf{AB})^{-1} = \mathbf{B}^{-1}\mathbf{A}^{-1} \quad \blacksquare$$

Teorema 2.4 Jika \mathbf{A} matriks berukuran $n \times n$, maka pernyataan-pernyataan di bawah ini adalah ekuivalen

1. \mathbf{A} adalah *orthogonally diagonalizable*, $\mathbf{A} = \mathbf{PDP}^{-1}$ dengan \mathbf{P} matriks *orthogonal*, $\mathbf{PP}' = \mathbf{P}'\mathbf{P} = \mathbf{I}$, dan \mathbf{D} matriks diagonal.
2. \mathbf{A} simetris, $\mathbf{A} = \mathbf{A}'$ \blacksquare

Sebagai pendukung dalam Tugas Akhir ini, digunakan operasi matriks khusus yang dikenal sebagai perkalian *Kronecker*. Perkalian *Kronecker* dari dua buah matriks akan menghasilkan matriks dalam bentuk partisi yang masing-masing submatriksnya adalah entri dari matriks pertama dikalikan matriks kedua. Definisi dan sifat-sifat operasi *Kronecker* dinyatakan sebagai [17]

Definisi 2.3 Jika \mathbf{A} adalah matriks berukuran $m \times n$ dan \mathbf{B} adalah matriks berukuran $p \times q$, maka perkalian *Kronecker* antara matriks \mathbf{A} dan \mathbf{B} dituliskan dengan $\mathbf{A} \otimes \mathbf{B}$ yang berukuran $mp \times nq$ yakni

$$\mathbf{A} \otimes \mathbf{B} = \begin{bmatrix} a_{11}\mathbf{B} & a_{12}\mathbf{B} & \dots & a_{1n}\mathbf{B} \\ a_{21}\mathbf{B} & a_{22}\mathbf{B} & \dots & a_{2n}\mathbf{B} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1}\mathbf{B} & a_{m2}\mathbf{B} & \dots & a_{mn}\mathbf{B} \end{bmatrix} \quad \blacksquare$$

Contoh:

Misalkan matriks \mathbf{A} berukuran 2×3 dan matriks \mathbf{B} berukuran 2×1 , yaitu:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 4 & 6 \\ 5 & 3 & 7 \end{bmatrix} \text{ dan } \mathbf{B} = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 \\ 9 \end{bmatrix}$$

Maka,

$$\mathbf{A} \otimes \mathbf{B} = \begin{bmatrix} a_{11} \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{pmatrix} & a_{12} \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{pmatrix} & a_{13} \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{pmatrix} \\ a_{21} \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{pmatrix} & a_{22} \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{pmatrix} & a_{23} \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{pmatrix} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} & a_{12}b_{11} & a_{13}b_{11} \\ a_{11}b_{21} & a_{12}b_{21} & a_{13}b_{21} \\ a_{21}b_{11} & a_{22}b_{11} & a_{23}b_{11} \\ a_{21}b_{21} & a_{22}b_{21} & a_{23}b_{21} \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned}
 A \otimes B &= \begin{bmatrix} 16 & 32 & 48 \\ 18 & 36 & 54 \\ 24 & 40 & 56 \\ 27 & 45 & 63 \end{bmatrix} \\
 B \otimes A &= \begin{bmatrix} b_{11} & \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \end{pmatrix} \\ a_{21} & \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \end{pmatrix} \\ b_{21} & \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \end{pmatrix} \\ a_{21} & \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \end{pmatrix} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11}a_{11} & b_{11}a_{12} & b_{11}a_{13} \\ b_{11}a_{21} & b_{11}a_{22} & b_{11}a_{23} \\ b_{21}a_{11} & b_{21}a_{12} & b_{21}a_{13} \\ b_{21}a_{21} & b_{21}a_{22} & b_{21}a_{23} \end{bmatrix} \\
 A \otimes B &= \begin{bmatrix} 16 & 32 & 48 \\ 24 & 40 & 56 \\ 18 & 36 & 54 \\ 27 & 45 & 63 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Teorema 2.5 Misalkan **A**, **B** dan **C** adalah matriks dan **a** dan **b** adalah vektor, berlaku

1. $a \otimes A = A \otimes a$
2. $(aA) \otimes (bB) = ab(A \otimes B)$
3. $(A \otimes B) \otimes C = A \otimes (B \otimes C)$
4. $(A + B) \otimes C = (A \otimes C) + (B \otimes C)$, jika **A** dan **B** berukuran sama
5. $A \otimes (B + C) = (A \otimes B) + (A \otimes C)$, jika **B** dan **C** berukuran sama
6. $(A \otimes B)' = A' \otimes B'$
7. $ab' = a' \otimes b' = b' \otimes a'$
8. $(A \otimes B)^{-1} = A^{-1} \otimes B^{-1}$, jika **A** dan **B** non singular. ■

2.5 Model GSTAR (*Generalized Space-Time Autoregressive*)

Model GSTAR merupakan generalisasi dari model *Space Time Autoregressive* (STAR) yang juga merupakan spesifikasi dari model *Vector Autoregressive* (VAR). Perbedaan yang mendasar antara model GSTAR dan model STAR terletak pada pengasumsian parameternya. Model STAR mengasumsikan lokasi-lokasi yang digunakan dalam penelitian sama, sehingga model ini hanya dapat diterapkan pada lokasi yang bersifat seragam. Sedangkan pada model GSTAR terdapat asumsi yang menyatakan lokasi-lokasi penelitian yang bersifat heterogen, sehingga perbedaan antar lokasi ini ditunjukkan dalam bentuk matriks pembobot.

Jika diketahui sebuah deret $\{Z(t) = 0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$ merupakan sebuah deret waktu *multivariate* dari N komponen maka model GSTAR dari orde *autoregressive* p dan orde spasial $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$, GSTAR ($p; \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$) dapat ditulis sebagai berikut [14]:

$$\mathbf{Z}(t) = \sum_{k=1}^p [\Phi_{k0} \mathbf{Z}(t-k) + \sum_{l=1}^{\lambda_p} \Phi_{kl} \mathbf{W}^{(l)} \mathbf{Z}(t-k)] + \mathbf{e}(t) \quad (2.1)$$

dengan

$Z(t)$: nilai observasi pada waktu t

Φ_{k0} : matriks koefisien parameter waktu

Φ_{kl} : matriks koefisien parameter waktu

$\mathbf{W}^{(l)}$: nilai matriks pembobot ukuran $(m \times m)$ pada *lag* spasial ke- l .

$\mathbf{e}(t)$: adalah *error* yang memenuhi asumsi identik, independen, dan berdistribusi normal multivariat dengan rata-rata nol dan varians konstan.

Model GSTAR (1₁) yang digunakan dalam Tugas Akhir ini dapat ditulis sebagai berikut:

$$\mathbf{Z}(t) = \Phi_{10} \mathbf{Z}(t-1) + \Phi_{11} \mathbf{W}^{(1)} \mathbf{Z}(t-1) + \mathbf{e}(t) \quad (2.2)$$

dalam bentuk matriks maka persamaan (2.3) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} Z_1(t) \\ Z_2(t) \\ Z_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Phi_{10} & 0 & 0 \\ 0 & \Phi_{20} & 0 \\ 0 & 0 & \Phi_{30} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1(t-1) \\ Z_2(t-1) \\ Z_3(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Phi_{11} & 0 & 0 \\ 0 & \Phi_{21} & 0 \\ 0 & 0 & \Phi_{31} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ W_{12} & W_{13} \\ W_{21} & 0 & W_{23} \\ W_{31} & W_{32} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1(t-1) \\ Z_2(t-1) \\ Z_3(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

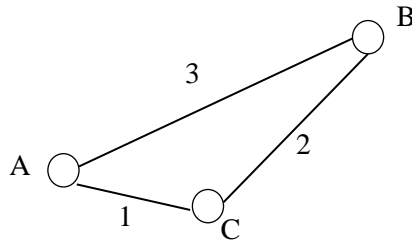
Untuk memudahkan dalam mengidentifikasi orde model GSTAR, orde spasial pada umumnya dibatasi pada orde 1 karena orde yang lebih tinggi akan sulit untuk diinterpretasikan [3]. Sedangkan orde waktu dapat ditentukan dengan menggunakan AIC atau SBC terkecil [9].

2.5.1 Pemilihan Bobot Lokasi Model GSTAR

Pemilihan atau penentuan salah bobot lokasi merupakan salah satu permasalahan utama dalam pemodelan GSTAR. Pada Tugas Akhir ini akan digunakan dua bobot lokasi yaitu bobot invers jarak dan bobot korelasi silang.

1. Bobot Lokasi Invers Jarak

Pembobotan dengan metode lokasi invers jarak dilakukan berdasarkan jarak sebenarnya antar lokasi. Perhitungan bobot dengan metode ini diperoleh dari hasil invers jarak sebenarnya yang kemudian dinormalisasi. Berdasarkan Gambar 2.4 dapat dimisalkan perhitungan sebagai berikut:



Gambar 2.4 Contoh Peta Lokasi

$$\begin{aligned}
 w_{AB}^* &= \frac{1}{d_{AB}} = \frac{1}{3}, \\
 w_{AC}^* &= \frac{1}{d_{AC}} = \frac{1}{1} = 1, \\
 w_{AB} &= \frac{w_{AB}^*}{w_{AB}^* + w_{AC}^*} = \frac{1/3}{1/3 + 1} = \frac{1}{4}, \\
 w_{AC} &= \frac{w_{AC}^*}{w_{AC}^* + w_{AB}^*} = \frac{1}{1 + 1/3} = \frac{3}{4}.
 \end{aligned} \tag{2.4}$$

Perhitungan tersebut berlaku untuk lokasi-lokasi lainnya, sehingga matriks pembobot yang diperoleh dengan metode invers jarak adalah:

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 1/4 & 3/4 \\ 2/5 & 0 & 3/5 \\ 2/3 & 1/3 & 0 \end{bmatrix}$$

2. Bobot Lokasi Korelasi Silang

Pembobotan dengan metode ini menggunakan hasil normalisasi korelasi silang antar lokasi pada lag yang bersesuaian. Secara umum korelasi silang antara lokasi ke- i dan ke- j pada lag waktu ke- k , $\text{corr}[Z_i(t), Z_j(t - k)]$, didefinisikan sebagai berikut:

$$\rho_{ij}(k) = \frac{\gamma_{ij}(k)}{\sigma_i \sigma_j}, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

dengan

$\rho_{ij}(k)$: korelasi silang sampel dari komponen deret ke- i dan ke- j

$\gamma_{ij}(k)$: merupakan kovarians silang antara kejadian di lokasi ke- i dan ke- j pada lag waktu ke- k

σ_i : standar deviasi dari kejadian di lokasi ke- i

σ_j : standar deviasi dari kejadian di lokasi ke- j

Taksiran dari korelasi silang ini pada sampel dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$r_{ij}(k) = \frac{\sum_{t=k+1}^T (Y_i(t) - \bar{Y}_i)(Y_j(t - k) - \bar{Y}_j)}{\sqrt{\sum_{t=1}^T (Y_i(t) - \bar{Y}_i)^2 \sum_{t=1}^T (Y_j(t) - \bar{Y}_j)^2}}.$$

dengan

r_{ij} : nilai korelasi lokasi ke i dengan lokasi ke j

\bar{Y}_i : rata-rata sampel dari komponen deret ke- i yang bersesuaian untuk vektor proses yang stasioner.

\bar{Y}_j : rata-rata sampel dari komponen deret ke- j yang bersesuaian untuk vektor proses yang stasioner.

Penentuan bobot lokasi dapat dilakukan melalui normalisasi dari hasil besaran-besaran korelasi silang antar lokasi pada waktu yang bersesuaian. Proses ini secara umum menghasilkan bobot lokasi untuk model GSTAR(1_1), yaitu sebagai berikut:

$$w_{ij} = \frac{r_{ij}(1)}{\sum_{k \neq i} |r_{ij}(1)|}, \text{ dengan } i \neq j \text{ dan } \sum_{k \neq i} |w_{ij}| = 1 \quad (2.5)$$

2.5.2 Penaksiran Parameter Model GSTAR

Pada penelitian ini digunakan dua bentuk metode estimasi parameter pada model GSTAR. Berikut uraian dari dua metode estimasi parameter pada model GSTAR.

1. Estimasi Metode *Ordinary Least Square* (OLS)

Penaksiran parameter model GSTAR dilakukan dengan metode *least square*, yaitu dengan meminimumkan jumlah kuadrat simpangannya [7]. Pada persamaan (2.2) maka model GSTAR (1₁) juga dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$\mathbf{Z}(t) = \Phi_{10}\mathbf{Z}(t-1)\Phi_{11}\mathbf{W}\mathbf{Z}(t-1) + \mathbf{e}(t) \quad (2.6)$$

dengan Φ_{10} dan Φ_{11} masing-masing merupakan matriks diagonal atas parameter autoregresif untuk waktu dan lokasi, dan \mathbf{W} merupakan matriks pembobot. Model persamaan OLS untuk lokasi ke- i dapat ditulis dalam bentuk sebagai berikut:

$$\mathbf{Z}_i = \mathbf{X}_i\boldsymbol{\beta}_i + \mathbf{e}_i \quad (2.7)$$

dengan $\boldsymbol{\beta}_i = (\phi_{i0}^1, \phi_{i1}^1)'$. Penjabaran matriksnya ditunjukkan pada persamaan (2.6).

$$\begin{bmatrix} Z_i(1) \\ Z_i(2) \\ \vdots \\ Z_i(T) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_i(0) & V_i(0) \\ Z_i(1) & V_i(1) \\ \vdots & \vdots \\ Z_i(T-1) & V_i(T-1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_{i0}^1 \\ \phi_{i1}^1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_i(1) \\ e_i(2) \\ \vdots \\ e_i(T) \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

dengan $Z_i(t)$ merupakan pengamatan ke- t dimana $t = 1, 2, \dots, n$ untuk lokasi $i = 1, 2, \dots, N$ dan $V_i(t) = \sum_{j \neq 1} W_{ij}Z_j(t)$. Jika dijabarkan lebih rinci lagi, maka didapatkan persamaan (2.9) sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} Z_1(1) \\ Z_1(2) \\ \vdots \\ Z_1(T) \\ \vdots \\ Z_N(1) \\ Z_N(2) \\ \vdots \\ Z_N(T) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_1(0) & V_1(0) & \cdots & 0 & 0 \\ Z_1(1) & V_1(1) & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Z_i(T-1) & V_1(T-1) & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & Z_N(0) & V_N(0) \\ 0 & 0 & \cdots & Z_N(1) & V_N(1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & Z_N(T-1) & V_N(T-1) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \phi_{10}^1 \\ \phi_{11}^1 \\ \vdots \\ \phi_{N0}^1 \\ \phi_{N1}^1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(1) \\ e_1(2) \\ \vdots \\ e_1(T) \\ \vdots \\ e_N(1) \\ e_N(2) \\ \vdots \\ e_N(T) \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

Hal ini berarti bahwa estimator *least square* untuk β_i dapat ditentukan secara terpisah pada masing-masing lokasi namun tetap bergantung pada nilai Z_t di lokasi lain. Struktur data untuk estimasi parameter model GSTAR-OLS (1_1) di tiga lokasi dijabarkan dalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} Z_1(t) \\ Z_2(t) \\ Z_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_1(t-1) & 0 & 0 & V_1(t-1) & 0 & 0 \\ 0 & Z_2(t-1) & 0 & 0 & V_2(t-1) & 0 \\ 0 & 0 & Z_3(t-1) & 0 & 0 & V_3(t-1) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \phi_{10}^1 \\ \phi_{11}^1 \\ \phi_{20}^1 \\ \phi_{21}^1 \\ \phi_{30}^1 \\ \phi_{31}^1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

Estimasi parameter β dilakukan dengan menggunakan metode *least square* dengan cara meminimumkan fungsi

$$e'e = (Z - X\beta)'(Z - X\beta) \quad (2.11)$$

dengan langkah-langkah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} e'e &= e'e \\ &= (Z - X\beta)'(Z - X\beta) \\ &= Z'Z - \beta'X'Z - Z'X\beta + \beta'X'X\beta \\ &= Z'Z - 2\beta'X'Z + \beta'X'X\beta \end{aligned}$$

Kemudian diturunkan terhadap β , menjadi:

$$\frac{d(e'e)}{d(\beta)} = 2X'X\beta - 2Z'X$$

Persamaan akan bernilai minimum jika disamadengankan 0, menjadi:

$$2X'X\beta - 2Z'X = 0$$

Sehingga menghasilkan estimator untuk β adalah sebagai berikut:

$$\hat{\beta} = [X'X]^{-1}X'Z \quad (2.12)$$

2. Estimasi Metode *Generalized Least Square* (GLS)

Seemingly Unrelated Regression (SUR) merupakan sebuah pengembangan dari model regresi linier yang terdiri dari beberapa variabel yang membentuk persamaan regresi, residual antar variabel dalam satu persamaan tidak berkorelasi tetapi residual antar persamaan yang lain saling berkorelasi. Model SUR pertama kali dikembangkan oleh Zellner [8]. Jadi model SUR ini dapat mengatasi adanya korelasi residual antar persamaan sehingga mendapatkan suatu estimator. Model SUR dengan N persamaan dimana untuk masing-masing persamaan terdiri dari k variabel prediktor dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Z_i = X_i\beta_i + e_i$$

$$Z_i = \begin{bmatrix} Z_{11} \\ \vdots \\ Z_{1n} \\ Z_{21} \\ \vdots \\ Z_{2n} \\ \vdots \\ Z_{N1} \\ \vdots \\ Z_{Nn} \end{bmatrix}, \beta_i = \begin{bmatrix} \beta_{10} \\ \vdots \\ \beta_{1k} \\ \beta_{20} \\ \vdots \\ \beta_{2k} \\ \vdots \\ \beta_{N0} \\ \vdots \\ \beta_{Nk} \end{bmatrix}, e_i = \begin{bmatrix} e_{11} \\ \vdots \\ e_{1n} \\ e_{21} \\ \vdots \\ e_{2n} \\ \vdots \\ e_{N1} \\ \vdots \\ e_{Nk} \end{bmatrix}$$

$$X_i = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & X_{11,1} & \cdots & X_{1k,1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{n1,1} & \cdots & X_{nk,1} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix} & \cdots & \begin{bmatrix} 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 1 & X_{11,2} & \cdots & X_{1k,2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{n1,2} & \cdots & X_{nk,2} \end{bmatrix} & \cdots & \begin{bmatrix} 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix} & \cdots & \begin{bmatrix} 1 & X_{11,N} & \cdots & X_{1k,N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{n1,N} & \cdots & X_{nk,N} \end{bmatrix} \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

dengan $i = 1, 2, \dots, N$ dimana n menyatakan banyaknya pengamatan. Persamaan (2.13) jika ditulis ke dalam bentuk matriks adalah

$$\begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ \vdots \\ Z_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & X_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & X_N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_N \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

dengan Z_i merupakan jumlah pengamatan berukuran $(n \times 1)$, X_i merupakan matriks variabel independen berukuran $(n \times k)$, β_i merupakan vektor parameter berukuran $(K \times 1)$, dan e_i merupakan residual berukuran $(n \times 1)$ saling berkorelasi.

Asumsi yang harus dipenuhi dalam persamaan model SUR adalah $E(e) = 0$ dan $E(e_i e_j') = \sigma_{ij} I$. Struktur varians kovarians pada sistem persamaan model SUR diberikan dengan [6]

$$E[e_i e_j'] = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_N \end{bmatrix} [e_1 \ e_2 \ \dots \ e_N]$$

$$E(e_i e_j') = \begin{bmatrix} E(e_1 e_1) & E(e_1 e_2) & \dots & E(e_1 e_N) \\ E(e_2 e_1) & E(e_2 e_2) & \dots & E(e_2 e_N) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ E(e_N e_1) & E(e_N e_2) & \dots & E(e_N e_N) \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

Karena $E(\mathbf{e}_i \mathbf{e}_j') = \sigma_{ij} \mathbf{I}$ maka persamaan (2.15) akan diturunkan menjadi

$$E(\mathbf{e}_i \mathbf{e}_j') = \begin{bmatrix} \sigma_{11} \mathbf{I} & \sigma_{12} \mathbf{I} & \dots & \sigma_{1N} \mathbf{I} \\ \sigma_{21} \mathbf{I} & \sigma_{22} \mathbf{I} & \dots & \sigma_{2N} \mathbf{I} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{N1} \mathbf{I} & \sigma_{N2} \mathbf{I} & \dots & \sigma_{NN} \mathbf{I} \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

Persamaan (2.16) jika diuraikan dengan perkalian Kronecker (\otimes) menjadi

$$E(\mathbf{e}_i \mathbf{e}_j') = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1N} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{N1} & \sigma_{N2} & \dots & \sigma_{NN} \end{bmatrix} \otimes \mathbf{I}$$

$$= \mathbf{\Sigma} \otimes \mathbf{I}$$

$$= \mathbf{\Omega} \quad (2.17)$$

dengan

\mathbf{I} : matriks identitas berukuran $(n \times n)$

$\mathbf{\Sigma}$: matriks varian kovarian berukuran $(M \times M)$

Estimasi parameter model SUR dengan metode GLS memerlukan invers matriks varian kovarian residual, berdasarkan persamaan (2.17) diperoleh

$$\mathbf{\Omega} = \mathbf{\Sigma} \otimes \mathbf{I} \quad (2.18)$$

dan menjadi

$$\mathbf{\Omega}^{-1} = \mathbf{\Sigma}^{-1} \otimes \mathbf{I} \quad (2.19)$$

Estimasi parameter model SUR dilakukan dengan metode GLS yang merupakan pengembangan dari metode OLS. Jika proses estimasi parameter pada OLS dilakukan dengan cara meminimumkan fungsi persamaan (2.11) maka untuk GLS dapat dikembangkan dengan cara meminimumkan fungsi

$$e'e = (Z - X\beta)' \Omega^{-1} (Z - X\beta) \quad (2.20)$$

dengan langkah-langkah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} e'e &= e'e \\ &= (Z - X\beta)' \Omega^{-1} (Z - X\beta) \\ &= Z' \Omega^{-1} Z - \beta' X' \Omega^{-1} Z - Z' \Omega^{-1} X \beta + \beta' X' \Omega^{-1} \beta \\ &= Z' \Omega^{-1} Z - 2\beta' X' \Omega^{-1} Z + \beta' X' X \beta \end{aligned}$$

Kemudian diturunkan terhadap β , menjadi:

$$\frac{d(e'e)}{d(\beta)} = 2X' \Omega^{-1} X \beta - 2Z' \Omega^{-1} X$$

Persamaan akan bernilai minimum jika disamadengankan 0, menjadi:

$$2X' \Omega^{-1} X \beta - 2Z' \Omega^{-1} X = 0$$

Sehingga estimator untuk β diberikan dengan

$$\hat{\beta} = [X' \Omega^{-1} X]^{-1} X' \Omega^{-1} Z \quad (2.21)$$

2.5.3 Uji Signifikansi Parameter

Uji signifikansi parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah Uji-t. Uji t adalah pengujian secara statistik untuk mengetahui apakah variabel independen secara individual mempunyai pengaruh terhadap variabel dependen [13].

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{jk}^i = 0, \text{ dengan } k = 0,1, \quad i = 1,2,3 \text{ dan } j = 1,2$$

(parameter tidak signifikan)

$$H_1 : \phi_{jk}^i \neq 0, \text{ dengan } k = 0,1, \quad i = 1,2,3 \text{ dan } j = 1,2$$

(parameter signifikan)

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{|\phi_{jk}^i|}{S(\phi_{jk}^i)}$$

$$t_{tabel} = t_{(\frac{\alpha}{2}, n-p-1)}$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, jika $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

2.6 Pengujian Asumsi Residual

Pengujian asumsi residual untuk model GSTAR menggunakan asumsi *multivariate* normal dan *white noise*. Berikut penjelasan mengenai masing-masing pengujian asumsi residual.

2.6.1 Uji White Noise

White noise artinya residual pada model tidak berkorelasi atau saling bebas satu sama lain. Identifikasi *white noise* dapat dilihat pada skema matriks korelasi silang (MACF) residual. Jika pada skema MACF menunjukkan bahwa terdapat banyak simbol (.) dan sedikit simbol (+) dan (-) maka dapat dikatakan bahwa tidak ada korelasi antar residual atau saling bebas satu sama lain. Sebaliknya, jika skema MACF terdapat banyak simbol (+) dan (-) maka dikatakan residual memiliki korelasi atau *white noise* [2].

2.6.2 Uji Multivariate Normal Residual

Secara visual residual dari data *multivariate* dikatakan mengikuti distribusi normal jika plot residual menyebar di sekitar garis diagonal. Sedangkan dalam pengujian statistik, berdistribusi normal jika jumlah jarak kuadrat residual yang lebih kecil dari nilai *chi-square* mempunyai persentase lebih dari 50% jumlah data [5].
Hipotesis:

H_0 : residual berdistribusi *multivariate* normal

H_1 : residual tidak berdistribusi *multivariate* normal

Statistik uji:

$$d_i^2 = (X_i - \bar{X})' S^{-1} (X_i - \bar{X}) \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, n$$

dengan:

S^{-1} : matriks varians kovarian

X_1, X_2, \dots, X_n : nilai observasi sampel

Kriteria pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, jika $d_i^2 \leq \chi_{p,5\%}^2$ maka H_0 diterima, yang berarti residual berdistribusi *multivariate* normal.

2.7 Pemilihan Model Terbaik

Kriteria pemilihan model terbaik dapat dilihat dari kriteria *insample* dan *outsample*. Kriteria *in sample* yang digunakan adalah metode *Akaike's Information Criterion* (AIC). Sedangkan kriteria *out sample* yaitu dengan melihat nilai *Root Mean Square Error* (RMSE). Berikut penjelasan mengenai masing-masing kriteria.

2.7.1 Akaike's Information Criterion (AIC)

AIC merupakan kriteria pemilihan model yang mempertimbangkan banyaknya parameter dalam model. AIC dapat dirumuskan sebagai berikut [15]

$$AIC = n \ln |\Sigma_p| + 2pm^2$$

dengan n adalah banyaknya observasi, m adalah ukuran dari vektor proses Z_t , $|\Sigma_p|$ adalah determinan dari matriks kovarians dan p adalah orde dari proses AR ($p = 1$)

2.7.2 Schwartz's Bayesian Criterion (SBC)

SBC merupakan suatu kriteria pemilihan model terbaik yang berdasarkan pada nilai terkecil. Kriteria SBC dapat dirumuskan sebagai berikut [5]

$$SBC = n \ln \left(\frac{SSE}{n} \right) + f \ln n + n + n \ln(2\pi) \quad (2.22)$$

dengan

\ln : banyak pengamatan

SSE : *sum square error*

n : banyak pengamatan

f : banyak parameter dalam model

2.7.3 Root Mean Square Error (RMSE)

RMSE merupakan suatu ukuran yang digunakan untuk mengukur perbedaan antara nilai-nilai yang diramalkan oleh suatu model atau suatu estimator dengan nilai sebenarnya dari

pengamatan. Sasaran dalam peramalan adalah menghasilkan suatu ramalan yang optimum dengan nilai *error* yang kecil sehingga hal ini mengarah pada nilai RMSE yang minimum. RMSE dapat dirumuskan sebagai berikut [5]

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{T_o} \sum_{j=1}^{T_o} (Y_j - \hat{Y}_j)^2}. \quad (2.23)$$

dengan T_o merupakan banyaknya ramalan yang dilakukan, Y_j menyatakan data *out sample* ke-j, dan \hat{Y}_j merupakan data hasil ramalan ke-j.

2.8 Tinjauan Non Statistik

Pacitan merupakan salah satu Kabupaten di Jawa Timur yang memiliki berbagai macam tempat pariwisata yang layak untuk dikunjungi. Pariwisata di Pacitan terdiri atas wisata goa, wisata pantai, wisata pegunungan dan wisata sejarah. Adapun tempat-tempat wisata di Kabupaten Pacitan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Goa Gong

Goa ini terletak 30 kilometer ke arah barat kota Pacitan. Julukan kota 1001 goa bagi Kabupaten Pacitan memang benar adanya. Goa Gong merupakan satu dari sekian banyak tempat wisata di Pacitan. Satu yang paling menarik dari goa terindah se-Asia Tenggara ini adalah keberadaan batu unik yang apabila dipukul akan mengeluarkan bunyi seperti gong. Goa Gong juga menawarkan keindahan stalagtit dan stalagmit yang menyembul di dinding dan langit-langit goa.

2. Pantai Klayar

Pantai ini jaraknya kurang lebih 35 kilometer ke arah barat kota Pacitan. Banyak daya tarik yang disuguhkan di pantai ini, namun yang paling menarik adalah keberadaan batu karang yang menyerupai Sphinx di Mesir. Tak hanya itu, Pantai Klayar ini memiliki suatu keistimewaan yaitu adanya seruling laut yang sesekali bersiul diantara celah batu karang dan semburan ombak.

3. Pemandian Air Hangat

Pemandian Air Hangat Tirta Husodo ini terletak sekitar 15 kilometer sebelah utara pusat kota Pacitan. Pemandian Air Hangat Tirta Husodo atau yang sering disebut Banyu Anget (dalam Bahasa Jawa) memiliki keindahan yang cukup menarik. Bukit dan gunung yang ada di sekitar kolam renang akan menambah suasana sejuk, nyaman dan sejuk menghilangkan penat yang ada di pikiran kita. Mata air dari pemandian ini menyimpan berbagai khasiat dan manfaat utamanya bagi kesehatan dan kebugaran tubuh.

2.9 Mengukur Jarak Berdasarkan Titik Koordinat

Sudut antara kedua tempat adalah d , dimana

$$\cos(d) = \sin(L_1) \sin(L_2) + \cos(L_1) \cos(L_2) \cos(B_1 - B_2) \quad (2.24)$$

dengan

L_1 : garis lintang lokasi 1

L_2 : garis lintang lokasi 2

B_1 : garis bujur lokasi 1

B_2 : garis bujur lokasi 2

Jika sudut d dalam radian, maka jarak kedua tempat adalah S (km), yaitu:

$$S = 6378,137 \times d \text{ (km)}$$

Sedangkan jika sudut d dalam derajat, maka:

$$S = 6378,137 \times \pi \times \frac{d}{180} \text{ (km)} \quad (2.25)$$

dimana 6378,137 adalah jarak pusat bumi ke ekuator dan $\pi = 3,14$ [18].

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dilakukan pembahasan tentang metode penelitian yang digunakan dalam Tugas Akhir agar proses pengerjaan dapat terstruktur dengan baik dan dapat mencapai tujuan yang diinginkan.

3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder berupa laporan bulanan jumlah kunjungan wisatawan dari tiga lokasi wisata yaitu Goa Gong, Pantai Klayar, dan Pemandian Air Hangat Tirto Husodo periode Januari 2011 sampai dengan Desember 2016. Data tersebut diperoleh dari Dinas Pariwisata Kabupaten Pacitan.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah jumlah wisatawan yang berkunjung ke tiga lokasi wisata di Kabupaten Pacitan. Data sebanyak 72 dibagi menjadi dua data yaitu data *in sample* dan data *out sample*. Data *in sample* adalah data yang digunakan untuk membentuk model yaitu sebanyak 60 data (Januari 2011-Desember 2015) sedangkan data *out sample* adalah data yang digunakan untuk mengecek ketepatan model yaitu sebanyak 12 data (Januari-Desember 2016). Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. $A_1(t)$ untuk jumlah wisatawan yang berkunjung ke Goa Gong,
2. $A_2(t)$ untuk jumlah wisatawan yang berkunjung ke Pantai Klayar,
3. $A_3(t)$ untuk jumlah wisatawan yang berkunjung ke Pemandian Air Hangat Tirto Husodo,

3.3 Analisis Data dan Pembahasan

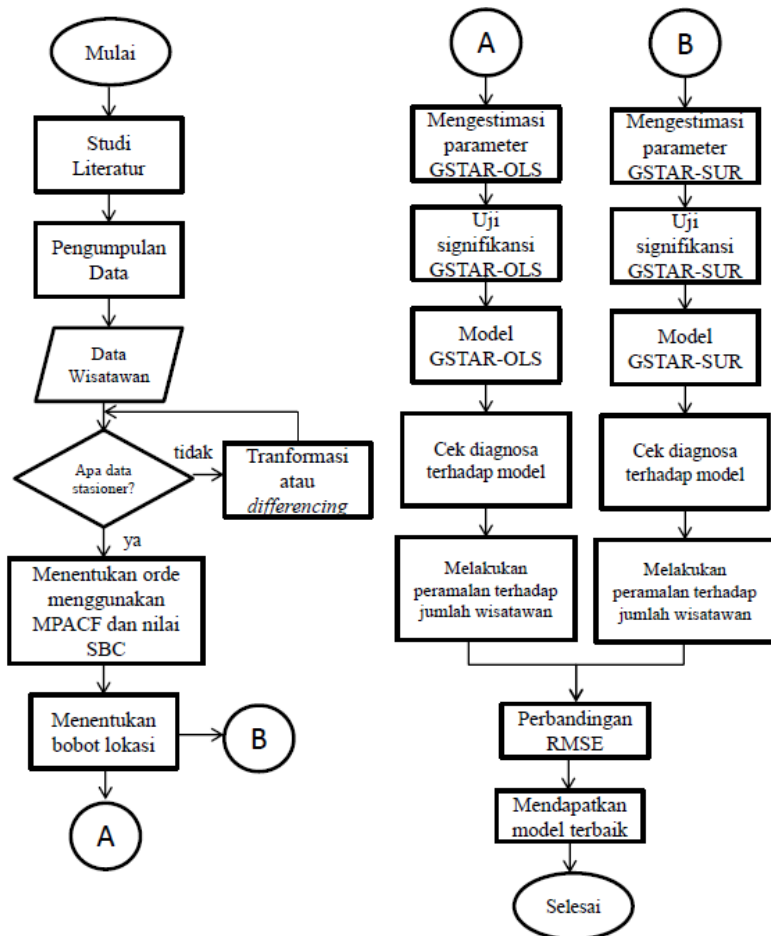
Pada tahap ini, analisis dilakukan dengan menggunakan metode GSTAR-SUR. Adapun langkah-langkah dalam tahap analisis data sebagai berikut:

1. Tahap pertama adalah mengidentifikasi masalah dimana permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana model GSTAR-SUR yang sesuai untuk data jumlah wisatawan di tiga lokasi wisata di Kabupaten Pacitan untuk mendapatkan hasil ramalan pada data *time series*.
2. Untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini maka dilakukan studi literatur meliputi studi mengenai model *multivariate time series*, GSTAR, dan pembentukan model *time series* melalui metode GSTAR-SUR.
3. Tahap selanjutnya adalah pengumpulan data. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder yaitu data jumlah wisatawan yang berkunjung di tiga lokasi wisata di Kabupaten Pacitan yang diperoleh dari Dinas Pariwisata Kabupaten Pacitan.
4. Setelah mendapatkan data tersebut maka dilakukan analisis menggunakan model GSTAR untuk mencari model ramalan yang sesuai dengan kasus yang diteliti.
5. Setelah dilakukan analisis dan pembahasan data maka tahap terakhir yaitu membuat kesimpulan dan saran.

Sedangkan langkah-langkah yang dilakukan untuk metode analisis dengan menggunakan model GSTAR-SUR untuk memprediksikan periode ke depan dengan menggunakan data riil adalah sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan data jumlah wisatawan dan juga melakukan plot pada data tersebut.
2. Menguji korelasi antar variabel.
3. Menguji kestasioneran data dalam *varian* dan *mean*.
4. Untuk mendapatkan model GSTAR yang sesuai maka ditentukan berdasarkan hasil identifikasi plot MPACF serta kriteria SBC.

5. Menentukan nilai pada bobot spasial dengan menggunakan dua bobot lokasi yaitu bobot lokasi invers jarak dan bobot lokasi korelasi silang pada model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR.



Gambar 3.1 Diagram Alur Pembentukan Model GSTAR-SUR

6. Melakukan estimasi parameter dari model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR.
7. Mengkaji signifikansi parameter dari model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR.
8. Melakukan cek diagnosa terhadap model yang didapatkan.
9. Melakukan peramalan terhadap jumlah wisatawan pada ketiga lokasi wisata di Kabupaten Pacitan.
10. Membandingkan hasil peramalan model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR.
11. Membandingkan nilai aktual dan hasil peramalan model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR.

3.4 Diagram Alur

Secara umum tahapan-tahapan yang dilakukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir adalah sesuai dengan diagram alur yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dilakukan analisa data dan pembahasan secara keseluruhan dalam peramalan jumlah wisatawan di Kabupaten Pacitan dengan menggunakan metode GSTAR-SUR.

4.1 Deskriptif Umum Jumlah Kunjungan Wisatawan

Pada penelitian ini menggunakan data bulanan wisatawan di tiga lokasi wisata di Kabupaten Pacitan, yaitu Goa Gong, Pantai Klayar, dan Pemandian Air Hangat Tirto Husodo. Data jumlah kunjungan wisatawan pada tiga lokasi wisata di Kabupaten Pacitan dapat dilihat pada Lampiran 1. Rata-rata jumlah wisatawan yang datang ke Kabupaten Pacitan setiap bulannya untuk 3 lokasi wisata ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rata-Rata Jumlah Wisatawan di Tiga Lokasi Wisata di Kabupaten Pacitan

Periode	$A_1(t)$	$A_2(t)$	$A_3(t)$
Januari	19853	11733	12739
Februari	7296	4890	5755
Maret	7620	4955	5460
April	9587	6674	6015
Mei	12788	8232	7195
Juni	18176	11110	9311
Juli	13816	17669	6754
Agustus	24176	18978	13948
September	18693	11111	11801
Oktober	12810	8627	6325
November	10373	9970	7453
Desember	13476	11394	9765

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa rata-rata wisatawan tertinggi yang datang ke tiga lokasi wisata terjadi di bulan Agustus yaitu masing sebesar 241764 orang untuk Goa Gong, 18978 orang untuk Pantai Klayar dan 13948 orang untuk Pemandian Air Hangat Tirto Husodo.

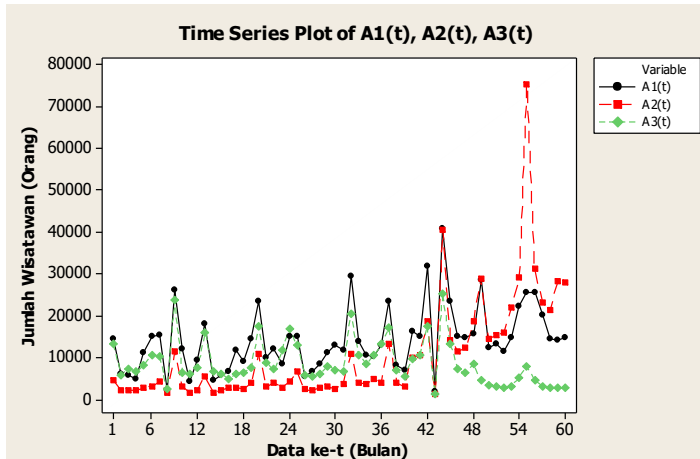
Analisis deskriptif secara umum digunakan untuk mendeskripsikan data kunjungan wisatawan pada tiga lokasi wisata di Kabupaten Pacitan mulai bulan Januari 2011-Desember 2015. Statistika deskriptif jumlah wisatawan pada tiga lokasi wisata di Kabupaten Pacitan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Statistika Deskriptif Jumlah Kunjungan Wisatawan

Variabel	Mean	StDev	Min	Max
$A_1(t)$	14055	7716	1862	40622
$A_2(t)$	10445	12657	1203	75184
$A_3(t)$	8543	5216	1316	25253

Tabel 4.2 memberikan keterangan bahwa rata-rata jumlah wisatawan masing-masing lokasi wisata di Kabupaten Pacitan dari Januari 2011 sampai Desember 2015 berbeda. Rata-rata tertinggi yaitu Goa Gong sebanyak 14055 orang dengan jumlah wisatawan tertinggi yaitu 40.622 orang dan jumlah wisatawan terendah yaitu 1.862 orang. Nilai standar deviasi menunjukkan keheterogenan yang terjadi dalam data jumlah wisatawan di masing-masing lokasi. Berdasarkan Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa tingkat keheterogenan data jumlah wisatawan di ketiga lokasi cenderung tinggi dengan tingkat keheterogenan tertinggi dihasilkan oleh Pantai Klayar sebesar 12.657. Sedangkan untuk rata-rata terendah yaitu pada Pemandian Air Hangat Tirto Husodo sebanyak 8.543 orang dengan standar deviasi yang juga terendah sebesar 5.216 dengan jumlah wisatawan tertinggi sebesar 25.253 orang dan terendah sebesar 1316 orang.

Plot *time series* untuk data jumlah wisatawan pada tiga lokasi wisata di Kabupaten Pacitan dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Plot *Time Series* untuk Jumlah Wisatawan di Tiga Lokasi Wisata di Kabupaten Pacitan

4.2 Uji Korelasi Antar Variabel

Besarnya pengaruh satu variabel dengan variabel yang lainnya pada suatu waktu dapat dilihat melalui nilai korelasi antar lokasi pada matriks korelasi antar lokasi. Masing-masing variabel memiliki nilai korelasi yang dapat digunakan untuk mengetahui keterkaitan antara satu variabel dengan variabel lainnya. Nilai korelasi antar variabel dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Nilai Korelasi Antar Variabel

Variabel	$A_1(t)$	$A_2(t)$	$A_3(t)$
$A_1(t)$	1	0,657	0,618
$A_2(t)$	0,657	1	0,033
$A_3(t)$	0,618	0,033	1

Korelasi antara r_{12} bernilai sama dengan r_{21} , begitupun untuk korelasi antara r_{13} bernilai sama dengan r_{31} , dan untuk korelasi

antara r_{23} bernilai sama dengan r_{32} Pengujian hipotesis untuk uji korelasi digunakan uji-t dengan hipotesis sebagai berikut:

Hipotesis:

$H_0 : r_{12} = 0$ (tidak ada korelasi antara $A_1(t)$ dengan $A_2(t)$)

$H_1 : r_{12} \neq 0$ (ada korelasi antara $A_1(t)$ dengan $A_2(t)$)

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{0,657\sqrt{58}}{\sqrt{1 - (0,657)^2}} = 8,80364$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} \\ = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya ada korelasi antar variabel. Hasil uji-t semua nilai korelasi dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Uji Korelasi Antar Variabel

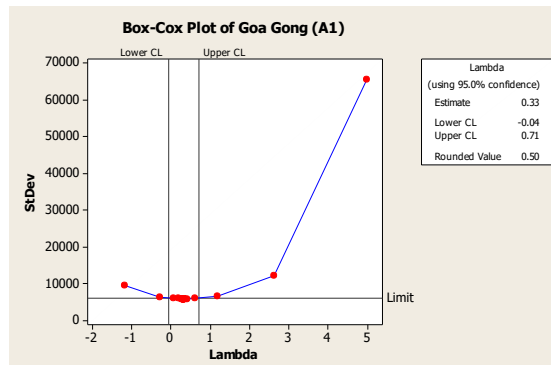
Korelasi	t_{hitung}	t_{tabel}	Kriteria Pengujian	Kesimpulan
r_{21}	8,80364	2,002	H_0 ditolak	ada korelasi
r_{31}	7,61484	2,002	H_0 ditolak	ada korelasi
r_{32}	0,25159	2,002	H_0 diterima	tidak korelasi

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa ada korelasi yang signifikan antara $A_1(t)$ dan $A_2(t)$. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua lokasi tersebut sangat kuat. Jika jumlah wisatawan yang berkunjung pada $A_1(t)$ tinggi, maka jumlah wisatawan yang berkunjung pada $A_2(t)$ juga tinggi, begitu juga sebaliknya. Keadaan ini juga terjadi antara $A_1(t)$ dan $A_3(t)$. Tetapi pada $A_2(t)$ dan $A_3(t)$ menunjukkan bahwa tidak ada korelasi yang signifikan. Hal ini berarti bahwa tidak adanya keterkaitan antar lokasi.

4.3 Model *Generalized Space Time Autoregressive*

Memodelkan *time series* data harus memenuhi dua asumsi, yaitu data harus stasioner baik dalam mean maupun dalam varian. Untuk stasioner dalam varian dapat dilihat dari hasil plot *Box-Cox*. Sedangkan untuk stasioner dalam mean dapat dilihat dari uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF) dan matriks parsial korelasi silang antar variabel (MPACF).

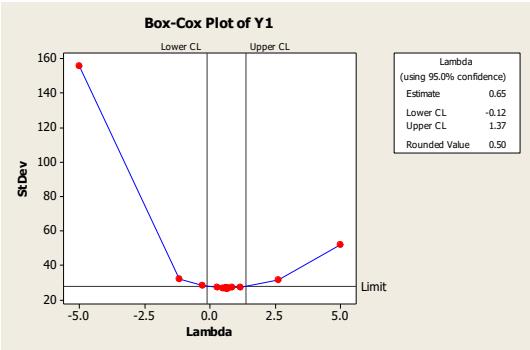
Data dikatakan stasioner dalam *varian* apabila *rounded value* dari data adalah 1. Plot *Box-Cox* jumlah wisatawan pada $A_1(t)$ dapat dilihat pada Gambar 4.2. Karena nilai *rounded value* $\neq 1$ pada Gambar 4.2 maka dilakukan transformasi menjadi $Y_1(t) = \sqrt{A_1(t)}$ dan hasil plot *Box-Cox* $Y_1(t)$ dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Plot *Box-Cox* $A_1(t)$

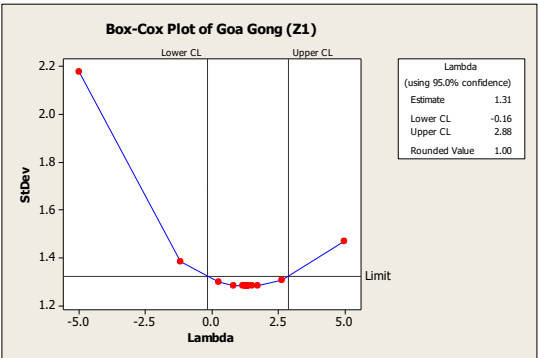
Pada Gambar 4.2 menunjukkan hubungan antara lambda dan standar deviasi. Terlihat pada Gambar 4.2 nilai standar deviasi semakin kecil berada pada *Lower CL* dan *Upper CL* yang berupa garis vertikal. Batas tersebut yang menunjukkan bahwa lambda yang terbaik berada pada garis tersebut karena nilai standar deviasi yang kecil. Nilai lambda yang baik *Lower CL* dan *Upper CL* -0,04 sampai 0,71 dimana nilai lambda dengan estimasi terbaik yaitu 0,33. Namun nilai lambda yang sebaiknya diambil yaitu lambda yang mudah dimengerti. Sehingga pada *software* Minitab

menyarankan nilai lambda yang diambil pada bagian *rounded value* yaitu 0,5.



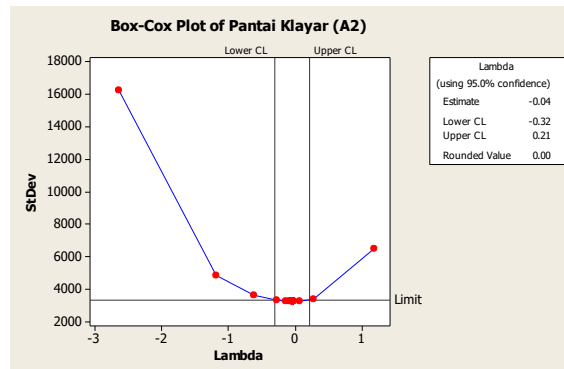
Gambar 4.3 Plot *Box-Cox* $Y_1(t)$

Karena nilai *rounded value* $\neq 1$ pada Gambar 4.3 maka dilakukan transformasi menjadi $Z_1(t) = \sqrt{Y_1(t)}$ dan hasil plot *Box-Cox* $Z_1(t)$ dapat dilihat pada Gambar 4.4. Terlihat bahwa *rounded value* = 1 maka $Z_1(t)$ sudah bisa dikatakan stasioner dalam varian.

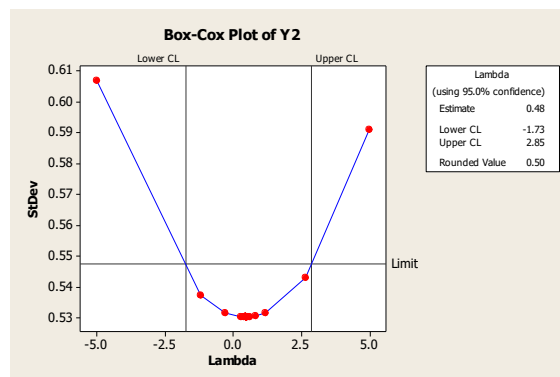


Gambar 4.4 Plot *Box-Cox* $Z_1(t)$

Selanjutnya mengecek stasioneran dalam varian pada $A_2(t)$. Plot *Box-Cox* jumlah wisatawan pada $A_2(t)$ dapat dilihat pada Gambar 4.5. Karena nilai *rounded value* $\neq 1$ pada Gambar 4.5 maka dilakukan transformasi menjadi $Y_2(t) = \sqrt{A_2(t)}$ dan hasil plot *Box-Cox* $Y_2(t)$ dapat dilihat pada Gambar 4.6.



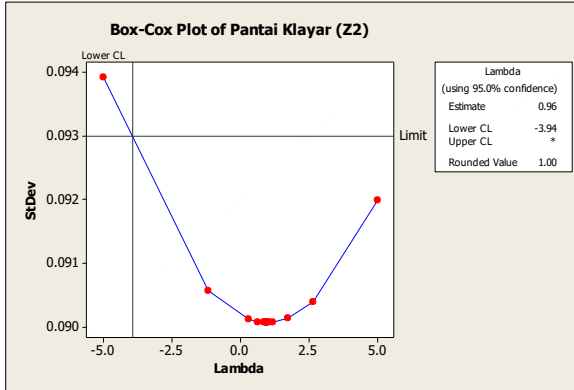
Gambar 4.5 Plot *Box-Cox* $A_2(t)$



Gambar 4.6 Plot *Box-Cox* $Y_2(t)$

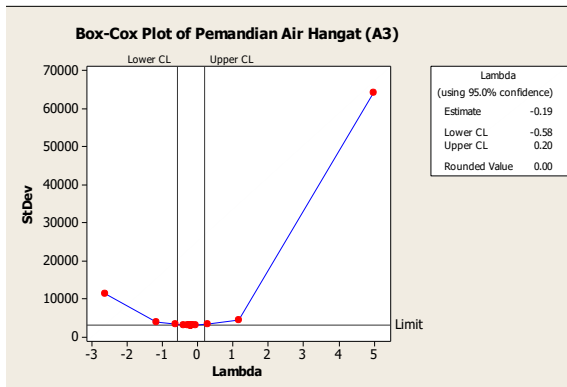
Karena nilai *rounded value* $\neq 1$ pada Gambar 4.6 maka dilakukan transformasi menjadi $Z_2(t) = \sqrt{Y_2(t)}$ dan hasil plot

$Box-Cox Z_2(t)$ dapat dilihat pada Gambar 4.7. Terlihat bahwa *rounded value* = 1 maka $Z_2(t)$ sudah bisa dikatakan stasioner dalam varian.

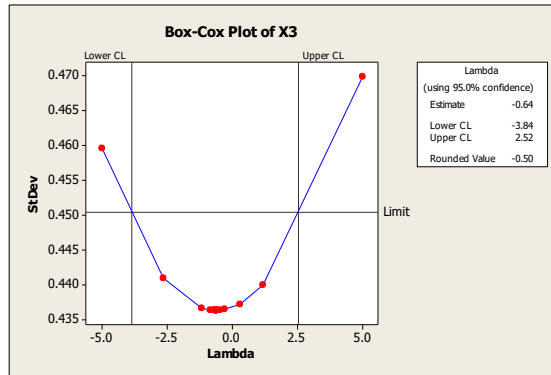


Gambar 4.7 Plot $Box-Cox Z_2(t)$

Selanjutnya mengecek stasioneran dalam varian pada $A_3(t)$. Plot $Box-Cox$ jumlah wisatawan pada $A_3(t)$ dapat dilihat pada Gambar 4.8. Karena nilai *rounded value* $\neq 1$ pada Gambar 4.8 maka dilakukan transformasi menjadi $X_3(t) = \ln A_3(t)$ dan hasil plot $Box-Cox X_3(t)$ dapat dilihat pada Gambar 4.9.

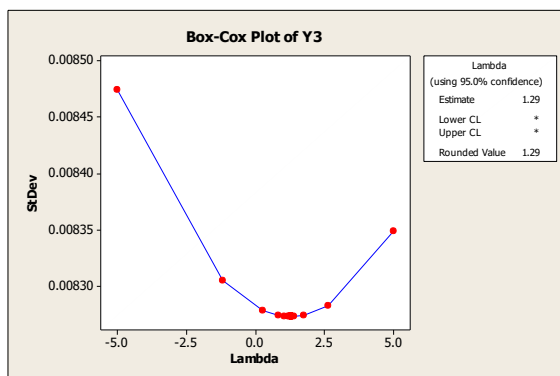


Gambar 4.8 Plot $Box-Cox A_3(t)$

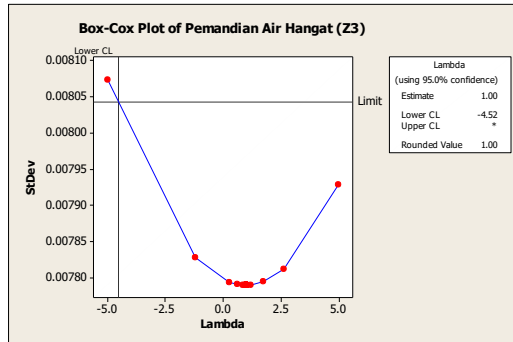


Gambar 4.9 Plot *Box-Cox* X_3

Karena nilai *rounded value* $\neq 1$ pada Gambar 4.9 maka dilakukan transformasi menjadi $Y_3(t) = \frac{1}{\sqrt{X_3(t)}}$ dan hasil plot *Box-Cox* $Y_3(t)$ dapat dilihat pada Gambar 4.10. Karena nilai *rounded value* $\neq 1$ pada Gambar 4.10 maka dilakukan transformasi menjadi $Z_3(t) = Y_3^{1,29}(t)$ dan hasil plot *Box-Cox* $Z_3(t)$ dapat dilihat pada Gambar 4.11. Terlihat bahwa *rounded value* = 1 maka $Z_3(t)$ sudah bisa dikatakan stasioner dalam varian.



Gambar 4.10 Plot *Box-Cox* $Y_3(t)$



Gambar 4.11 Plot *Box-Cox* $Z_3(t)$

Setelah semua data sudah stasioner dalam varian maka selanjutnya dilakukan identifikasi stasioneritas dalam mean. Stasioneritas data dalam mean dapat dilakukan dengan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF) atau uji unit akar. Pengujian hipotesis untuk stasioneritas data hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Hipotesis:

H_0 : terdapat *unit root* pada jumlah wisatawan di $Z_1(t)$
(data tidak stasioner)

H_1 : tidak terdapat *unit root* pada jumlah wisatawan $Z_1(t)$
(data stasioner)

Statistik Uji:

$$|t_{statistik}| = \left| \frac{-2,43}{1,94} \right| = 1,25$$

$$|t_{tabel}| = \left| -3,4126 - 4,039 \left(\frac{1}{60} \right) - 17,83 \left(\frac{1}{60^2} \right) \right| = 3,48$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{statistik}| < |t_{tabel}|$ maka H_0 diterima artinya data tidak stasioner.

Karena pada ketiga lokasi masih belum stasioner, maka dilakukan *differencing* agar data stasioner. Pengujian hipotesis untuk stasioneritas data yang sudah di *differencing* hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kestasioneran dengan Uji ADF

Lokasi	Koefisien	Standart Error	$ t_{stat} $	$ t_{tabel} $	Kriteria Pengujian
$Z_1(t)$	-2,43	1,94	1,25	3,48	H_0 diterima
$Z_2(t)$	-3,18	2,04	1,56	3,48	H_0 diterima
$Z_3(t)$	-2,18	1,66	1,32	3,48	H_0 diterima

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kestasioneran dengan Uji ADF

Lokasi	Koefisien	Standart Error	$ t_{stat} $	$ t_{tabel} $	Kriteria Pengujian
$Z_1(t)$	-1,21	0,13	9,31	3,48	H_0 ditolak
$Z_2(t)$	-0,99	0,13	7,58	3,48	H_0 ditolak
$Z_3(t)$	-0,92	0,13	6,88	3,48	H_0 ditolak

Hipotesis:

H_0 : terdapat *unit root* pada jumlah wisatawan di $Z_1(t)$
(data tidak stasioner)

H_1 : tidak terdapat *unit root* pada jumlah wisatawan $Z_1(t)$
(data stasioner)

Statistik Uji:

$$|t_{statistik}| = \left| \frac{-1,21}{0,13} \right| = 9,31$$

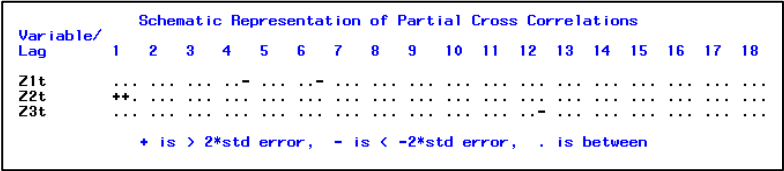
$$|t_{tabel}| = \left| -3,4126 - 4,039 \left(\frac{1}{60} \right) - 17,83 \left(\frac{1}{60^2} \right) \right| = 3,48$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{statistik}| > |t_{tabel}|$ maka H_0 ditolak artinya data stasioner.

Setelah data sudah stasioner dalam varian maupun mean, selanjutnya yaitu mencari orde yang sesuai untuk model GSTAR. Pemeriksaan skema matriks parsial korelasi silang antar variabel (MPACF) dan melihat nilai SBC perlu dilakukan dalam menentukan orde pada model GSTAR. Lag-lag yang keluar dari batas standar deviasi dipilih sebagai orde dari model dugaan. Model dugaan juga dapat ditentukan berdasarkan nilai SBC

terkecil dari masing-masing orde. Skema MPACF pada ketiga lokasi dapat dilihat pada Gambar 4.12. Nilai MPACF untuk ketiga lokasi wisata dapat dilihat pada Tabel 4.7.



Gambar 4.12 MPACF $Z_1(t)$, $Z_2(t)$, dan $Z_3(t)$

Nilai batas ± 2 kali estimasi *standart error* didapatkan melalui perhitungan berikut:

$$\begin{aligned} \pm 2 \times SE \left(\rho_{ij}(1) \right) &= \pm 2 \times \sqrt{\frac{1}{60-1}} \\ &= \pm 2 \times \sqrt{\frac{1}{59}} \\ &= \pm 2 \times 0,13 \\ &= \pm 0,26 \end{aligned}$$

Tabel 4.7 Nilai MPACF pada $Z_1(t)$, $Z_2(t)$, dan $Z_3(t)$

Lag	1			2			3		
Variabel	Z ₁ (t)	Z ₂ (t)	Z ₃ (t)	Z ₁ (t)	Z ₂ (t)	Z ₃ (t)	Z ₁ (t)	Z ₂ (t)	Z ₃ (t)
Z ₁ (t)	-0,03	0,26	0,21	-0,12	0,25	-0,02	-0,06	0,25	-0,02
Z ₂ (t)	0,29	0,72	0,19	-0,05	0,03	0,19	-0,13	0,1	-0,02
Z ₃ (t)	0,12	0,24	0,21	0,11	-0,06	0,04	0,07	0,07	-0,1

Pada Gambar 4.12 terlihat ada beberapa lag yang keluar. Karena terdapat beberapa lag yang keluar maka perlu dilakukan pengecekan terhadap nilai *Minimum Information Criterion* atau yang disebut nilai SBC dari model. Nilai SBC dapat dihitung seperti pada persamaan (2.22). Nilai SBC pada Gambar 4.13 menunjukkan nilai terkecil yaitu -15,56145 pada AR 1 dan MA 0. Maka model GSTAR yang digunakan adalah GSTAR (1₁)-I(1).

Minimum Information Criterion Based on SBC					
Lag	MA 0	MA 1	MA 2	MA 3	MA 4
AR 0	-7.070351	-6.471238	-6.012533	-5.636421	-5.341427
AR 1	-15.56145	-15.16979	-14.83022	-14.65694	-14.62537
AR 2	-15.24847	-14.87146	-14.57669	-14.82961	-14.78211
AR 3	-14.77379	-14.91711	-14.7961	-14.74446	-14.63064
AR 4	-14.40898	-14.60033	-14.444	-14.30606	-14.36421
AR 5	-13.84799	-14.49975	-14.41725	-14.24247	-14.14493
AR 6	-13.67247	-13.96349	-13.82754	-13.66796	-13.46316
AR 7	-13.4373	-13.74082	-13.06662	-12.93112	-12.77718
AR 8	-13.61205	-13.51549	-12.83162	-12.14775	-11.98013
AR 9	-13.36914	-13.36066	-12.66681	-11.97296	-11.27911
AR 10	-13.27811	-13.76186	-13.0577	-12.35353	-11.64937
AR 11	-12.86234	-13.76131	-13.04649	-12.33166	-11.61684
AR 12	-12.6354	-15.69552	-14.96967	-14.24382	-13.51797

Gambar 4.13 Nilai SBC

4.4 Pemodelan Data Menggunakan GSTAR-OLS

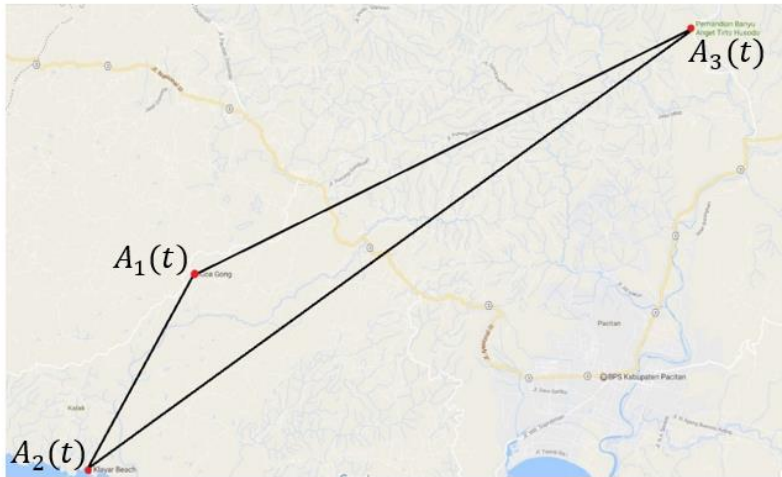
Pemodelan menggunakan metode GSTAR-OLS merupakan pemodelan untuk data *time series* yang memperhatikan faktor lokasi. Faktor lokasi ini ditunjukkan dengan adanya pembobotan yang diberikan pada masing-masing variabel. Pembobot yang digunakan dalam penelitian ini ada dua macam, yaitu bobot invers jarak, dan normalisasi korelasi silang. Estimasi parameter model GSTAR-OLS menggunakan metode OLS (*Ordinary Least Square*). Orde model GSTAR-OLS yang digunakan dalam analisis ini adalah sama dengan orde model GSTAR sebelumnya yaitu GSTAR-OLS (1₁)-I(1).

4.4.1 Penaksiran Parameter Menggunakan Bobot Invers

Jarak

Dalam pemodelan GSTAR menggunakan bobot invers jarak, mengasumsikan bahwa jumlah wisatawan di suatu lokasi dipengaruhi oleh jauh atau dekatnya jarak yang dimiliki dengan lokasi yang lainnya. Model GSTAR dengan menggunakan invers jarak ini memperlihatkan keterkaitan antara ketiga lokasi berdasarkan jarak antar lokasi sebenarnya. Jarak antara dua lokasi yang jauh memiliki bobot yang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan jarak antara dua lokasi yang dekat. Hal ini

dikarenakan untuk lokasi dengan jarak yang jauh diduga memiliki keterkaitan antar lokasi yang kecil. Sebaliknya, untuk lokasi dengan jarak yang dekat diduga memiliki keterkaitan antar lokasi yang besar sehingga untuk bobotnya dipilih jarak yang besar pula. Peta ketiga objek wisata dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Peta Objek Wisata

Jarak antar lokasi wisata dicari berdasarkan koordinat lintang dan bujur lokasi tersebut. Koordinat lintang dan koordinat bujur masing-masing lokasi disajikan dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Koordinat Lintang dan Bujur Obyek Wisata

No	Objek Wisata	Koordinat Lintang	Koordinat Bujur
1.	$A_1(t)$	8,165014	110.979782
2.	$A_2(t)$	8,223839	110.947516
3.	$A_3(t)$	8,091531	111.130435

Berikut ini cara menghitung jarak antara $A_1(t)$ dan $A_2(t)$ seperti pada persamaan 2.24.

$$\cos(d) = \sin(8,165014) \sin(8,223839) + \cos(8,165014) \cos(8,223839) \cos(110,979782 - 110,947516)$$

$$\cos(d) = 0,99999318$$

Sehingga $d = 0,066935229$

Karena sudut d dalam derajat, maka dirubah seperti pada persamaan 2.25.

$$S = 63718,137 \times 3,14 \times \left(\frac{0,066935229}{180} \right) \\ = 7,448 \text{ km}$$

Perhitungan tersebut berlaku untuk jarak objek wisata lainnya. Dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Jarak Antar Obyek Wisata

Lokasi		Jarak (km)
Dari	Ke	
$A_1(t)$	$A_2(t)$	7,448
	$A_3(t)$	18,499
$A_2(t)$	$A_1(t)$	7,448
	$A_3(t)$	24,952
$A_3(t)$	$A_1(t)$	18,499
	$A_2(t)$	24,952

Berikut ini cara menghitung bobot antara $A_1(t)$ dan $A_2(t)$ seperti pada persamaan 2.4

$$w_{12}^* = \frac{1}{d_{12}} = \frac{1}{7,448} = 0,134$$

$$w_{13}^* = \frac{1}{d_{13}} = \frac{1}{18,499} = 0,054$$

$$w_{12} = \frac{w_{12}^*}{w_{12}^* + w_{13}^*} = \frac{0,134}{0,134 + 0,054} = 0,713$$

Perhitungan tersebut berlaku untuk bobot antara lokasi wisata lainnya. Hasil perhitungan bobot dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 menunjukkan perhitungan bobot lokasi invers jarak berdasarkan pada jauh dekat jarak antar lokasi sebenarnya.

Tabel 4.10 Perhitungan Bobot Lokasi Invers Jarak

Lokasi		Jarak (km)	Perhitungan
Dari	Ke		
$Z_1(t)$	$Z_2(t)$	7,448	$w = \frac{0,134}{0,134 + 0,054} = 0,713$
	$Z_3(t)$	18,499	$w = \frac{0,054}{0,134 + 0,054} = 0,287$
$Z_2(t)$	$Z_1(t)$	7,448	$w = \frac{0,134}{0,134 + 0,04} = 0,77$
	$Z_3(t)$	24,952	$w = \frac{0,04}{0,134 + 0,04} = 0,23$
$Z_3(t)$	$Z_1(t)$	18,499	$w = \frac{0,054}{0,054 + 0,04} = 0,574$
	$Z_2(t)$	24,952	$w = \frac{0,04}{0,054 + 0,04} = 0,426$

Dari hasil perhitungan tersebut terbentuk matriks bobot lokasi sebagai berikut:

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0,713 & 0,287 \\ 0,77 & 0 & 0,23 \\ 0,574 & 0,426 & 0 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya dilakukan penaksiran parameter dari 6 variabel yang digunakan dalam pemodelan GSTAR-OLS (1₁)-I(1). Hasil estimasi parameter GSTAR-OLS (1₁)-I(1) dengan bobot invers jarak dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR-OLS (1₁)-I(1) Menggunakan Semua Variabel Pada Bobot Invers Jarak

Parameter	Nilai Estimasi	Standart Error	t_{hitung}	t_{tabel}
ϕ_{10}^1	-0,43127	0,16773	-2,57	2,002
ϕ_{11}^1	6,97582	0,82451	8,46	2,002
ϕ_{20}^1	1,34455	0,04794	28,05	2,002
ϕ_{21}^1	-0,12316	0,01707	-7,21	2,002
ϕ_{30}^1	0,73667	0,03427	21,50	2,002
ϕ_{31}^1	0,00890	0,00114	7,78	2,002

Dari hasil estimasi parameter pada Tabel 4.11, selanjutnya dilakukan pengujian parameter model dengan uji-t.

1. Uji Signifikansi parameter ϕ_{10}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{10}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{10}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{-0,43127}{0,167727} = -2,57$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

2. Uji Signifikansi parameter ϕ_{11}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{11}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{11}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{6,97582}{0,975824} = 8,46$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

3. Uji Signifikansi parameter ϕ_{20}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{20}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{20}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{1,34455}{0,047941} = 28,05$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

4. Uji Signifikansi parameter ϕ_{21}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{21}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{21}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{-0,12316}{0,017072} = -7,21$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

5. Uji Signifikansi parameter ϕ_{30}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{30}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{30}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{0,73667}{0,034270} = 21,50$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

6. Uji Signifikansi parameter ϕ_{31}^1

Hipotesis:

$H_0 : \phi_{31}^1 = 0$, (parameter tidak signifikan)

$H_1 : \phi_{31}^1 \neq 0$, (parameter signifikan)

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{0,00890}{0,00143} = 7,78$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

Tabel 4.11 menjelaskan bahwa parameter yang signifikan adalah ϕ_{10}^1 untuk objek wisata Goa Gong, ϕ_{20}^1 untuk objek wisata Pantai Klayar, dan ϕ_{30}^1 untuk objek wisata Pemandian Air Hangat Tirto Husodo. Hal itu berarti bahwa banyaknya jumlah kunjungan wisatawan pada masing-masing objek tersebut dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan pada bulan sebelumnya. Sedangkan untuk bobot invers jarak, parameter signifikan pada ϕ_{11}^1 untuk objek wisata Goa Gong, ϕ_{21}^1 untuk objek wisata Pantai Klayar, dan ϕ_{31}^1 untuk objek wisata Pemandian Air Hangat Tirto Husodo. Hal itu berarti bahwa banyaknya jumlah kunjungan wisatawan pada masing-masing objek tersebut saling berpengaruh.

Model GSTAR-OLS (1₁)-I(1) terbaik yang diperoleh berdasarkan pada signifikansi parameter dugaan pada Tabel 4.11 dengan bobot invers jarak dapat dituliskan dalam bentuk matriks yang sesuai dengan persamaan (2.3).

$$\begin{bmatrix} Z_1^*(t) \\ Z_2^*(t) \\ Z_3^*(t) \end{bmatrix} = \left(\begin{bmatrix} -0,431 & 0 & 0 \\ 0 & 1,345 & 0 \\ 0 & 0 & 0,737 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 6,976 & 0 & 0 \\ 0 & -0,123 & 0 \\ 0 & 0 & 0,009 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0,713 & 0,287 \\ 0,77 & 0 & 0,23 \\ 0,574 & 0,426 & 0 \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} Z_1^*(t-1) \\ Z_2^*(t-1) \\ Z_3^*(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Z_1^*(t) \\ Z_2^*(t) \\ Z_3^*(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,43127 & 4,97376 & 2,0021 \\ -0,09345 & 1,34455 & -0,02791 \\ 0,00511 & 0,00379 & 0,73667 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1^*(t-1) \\ Z_2^*(t-1) \\ Z_3^*(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix}$$

dengan $z_i(t)$ menyatakan deret waktu tentang tiga lokasi kunjungan objek wisata di Kabupaten Pacitan ke- i di bulan ke- t . Maka model GSTAR-OLS (1₁)-I(1) pada persamaan tersebut dijabarkan secara ringkas untuk setiap lokasi objek wisata di Kabupaten Pacitan dengan bobot invers jarak, yaitu:

Model GSTAR-OLS (1₁)-I(1) Objek Wisata Goa Gong

$$\begin{aligned} Z_1^*(t) &= -0,43127 + Z_1^*(t-1) + 4,97376 Z_2^*(t-1) + 2,0021 Z_3^*(t-1) \\ Z_1(t) &= 0,56873 Z_1(t-1) + 0,43127 Z_1(t-2) + 4,97376 Z_2(t-1) \\ &\quad - 4,87376 Z_2(t-1) + 2,0021 Z_3(t-1) - 2,0021 Z_3(t-2) \\ &\quad + e_1(t) \end{aligned}$$

Model GSTAR-OLS (1₁)-I(1) Objek Wisata Pantai Klayar

$$\begin{aligned} Z_2^*(t) &= -0,09345 + Z_1^*(t-1) + 1,34455 Z_2^*(t-1) - 0,02791 Z_3^*(t-1) \\ Z_2(t) &= -0,09345 Z_1(t-1) + 0,09345 Z_1(t-2) + 2,34455 Z_2(t-1) \\ &\quad - 1,34455 Z_2(t-1) - 0,02791 Z_3(t-1) + 0,02791 Z_3(t-2) \\ &\quad + e_2(t) \end{aligned}$$

Model GSTAR-OLS (1₁)-I(1) Objek Wisata Pemandian Air Hangat Tirto Husodo

$$\begin{aligned} Z_3^*(t) &= 0,0511 + Z_1^*(t-1) + 0,00379 Z_2^*(t-1) - 0,73667 Z_3^*(t-1) \\ Z_3(t) &= 0,0511 Z_1(t-1) - 0,00511 Z_1(t-2) + 0,00379 Z_2(t-1) \\ &\quad - 0,00379 Z_2(t-1) + 1,73667 Z_3(t-1) - 0,73667 Z_3(t-2) \\ &\quad + e_3(t) \end{aligned}$$

Berdasarkan model GSTAR-OLS (1₁)-I(1) diketahui bahwa jumlah kunjungan wisatawan pada objek wisata Goa Gong dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan pada objek wisata tersebut pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya dan dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan di dua objek wisata lainnya pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya. Kunjungan wisatawan pada objek wisata Pantai Klayar dipengaruhi oleh kunjungan

wisatawan di Pantai Klayar sendiri pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya dan dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan di dua objek wisata lainnya pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya. Untuk kunjungan wisatawan di Pemandian Air Hangat Tirto Husodo dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan di Pemandian Air Hangat Tirto Husodo sendiri pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya dan dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan di dua objek wisata lainnya pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya.

4.4.2 Penaksiran Parameter Menggunakan Bobot Korelasi Silang

Bobot terakhir yang diterapkan dalam pemodelan GSTAR di penelitian ini adalah bobot lokasi berdasarkan korelasi silang antar lokasi pada lag waktu yang bersesuaian. Yang dimaksud lag waktu yang sesuai ini adalah orde p dari model GSTAR yaitu 1, maka lag waktu yang sesuai adalah lag 1.

Nilai korelasi yang besar diduga memiliki keterkaitan yang besar pula. Setelah diketahui nilai korelasi parsial pada Tabel 4.12, maka dilakukan perhitungan matriks bobot seperti pada Tabel 4.13.

Tabel 4.12 Korelasi Silang Parsial $Z_1(t)$, $Z_2(t)$, dan $Z_3(t)$

Parameter	Korelasi Silang
r_{12}	-0.0194
r_{13}	0.0067
r_{21}	-0.0173
r_{23}	0.0067
r_{31}	-0.0173
r_{32}	-0.0914

Berikut ini cara menghitung bobot antara $Z_1(t)$ dan $Z_2(t)$ seperti pada persamaan 2.5.

$$w_{12} = \frac{0.0194}{0,0194 + 0,0067} = 0,743$$

Perhitungan tersebut berlaku untuk bobot lokasi korelasi silang pada objek wisata lainnya. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Perhitungan Bobot Lokasi Korelasi Silang

Lokasi		Jarak (km)	Perhitungan
Dari	Ke		
$Z_1(t)$	$Z_2(t)$	-0,0194	$w = \frac{0,0194}{0,0194 + 0,0067} = 0,743$
	$Z_3(t)$	0,0067	$w = \frac{0,0067}{0,0194 + 0,0067} = 0,257$
$Z_2(t)$	$Z_1(t)$	-0,0173	$w = \frac{0,0173}{0,0173 + 0,0067} = 0,72$
	$Z_3(t)$	0,0067	$w = \frac{0,0067}{0,0173 + 0,0067} = 0,28$
$Z_3(t)$	$Z_1(t)$	-0,0173	$w = \frac{0,0173}{0,0173 + 0,0194} = 0,471$
	$Z_2(t)$	-0,0194	$w = \frac{0,0194}{0,0173 + 0,0194} = 0,529$

Tabel 4.13 menunjukkan perhitungan bobot lokasi korelasi silang. Dari hasil perhitungan tersebut terbentuk matriks bobot sebagai berikut:

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0,743 & 0,257 \\ 0,72 & 0 & 0,28 \\ 0,471 & 0,529 & 0 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya dilakukan penaksiran parameter dari 6 variabel yang digunakan dalam pemodelan GSTAR-OLS (1_1) -I(1). Hasil estimasi parameter GSTAR-OLS (1_1) -I(1) dengan bobot korelasi silang dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR-OLS (1₁)-I(1) Menggunakan Semua Variabel Pada Bobot Korelasi Silang

Parameter	Nilai Estimasi	Standart Error	t_{hitung}	t_{tabel}
ϕ_{10}^1	-0,43506	0,16819	-2,59	2,002
ϕ_{11}^1	6,74274	0,79706	8,46	2,002
ϕ_{20}^1	1,34563	0,04811	27,97	2,002
ϕ_{21}^1	-0,13185	0,01828	-7,21	2,002
ϕ_{30}^1	0,72440	0,03577	20,25	2,002
ϕ_{31}^1	0,01043	0,00134	7,80	2,002

Dari hasil estimasi parameter pada Tabel 4.14, selanjutnya dilakukan pengujian parameter model dengan uji-t.

1. Uji Signifikansi parameter ϕ_{10}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{10}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{10}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{-0,43506}{0,168193} = -2,59$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

2. Uji Signifikansi parameter ϕ_{11}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{11}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{11}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{6,742737}{0,797057} = 8,46$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

3. Uji Signifikansi parameter ϕ_{20}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{20}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{20}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{1,345631}{0,048110} = 27,97$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

4. Uji Signifikansi parameter ϕ_{21}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{21}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{21}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{-0,13185}{0,018284} = -7,21$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

5. Uji Signifikansi parameter ϕ_{30}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{30}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{30}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{0,724397}{0,035774} = 20,25$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

6. Uji Signifikansi parameter ϕ_{31}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{31}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{31}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{0,010434}{0,001338} = 7,80$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

Tabel 4.14 menjelaskan bahwa parameter yang signifikan adalah ϕ_{10}^1 untuk objek wisata Goa Gong, ϕ_{20}^1 untuk objek wisata Pantai Klayar, dan ϕ_{30}^1 untuk objek wisata Pemandian Air Hangat Tirto Husodo. Hal itu berarti bahwa banyaknya jumlah kunjungan wisatawan pada bulan sebelumnya. Sedangkan untuk bobot korelasi silang, parameter signifikan pada ϕ_{11}^1 untuk objek wisata Goa Gong, ϕ_{21}^1 untuk objek wisata Pantai Klayar, dan ϕ_{31}^1 untuk objek wisata Pemandian Air Hangat Tirto Husodo. Hal itu berarti bahwa banyaknya jumlah kunjungan wisatawan pada masing-masing objek tersebut saling berpengaruh.

Model GSTAR-OLS (1_1) -I(1) terbaik yang diperoleh berdasarkan pada signifikansi parameter dugaan berdasarkan bobot korelasi silang dapat dituliskan dalam bentuk matriks yang sesuai dengan persamaan (2.3) adalah

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} Z_1^*(t) \\ Z_2^*(t) \\ Z_3^*(t) \end{bmatrix} &= \left(\begin{bmatrix} -0,435 & 0 & 0 \\ 0 & 1,345 & 0 \\ 0 & 0 & 0,724 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 6,743 & 0 & 0 \\ 0 & -0,132 & 0 \\ 0 & 0 & 0,010 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0,743 & 0,257 \\ 0,72 & 0 & 0,28 \\ 0,471 & 0,529 & 0 \end{bmatrix} \right) \\
&\quad \begin{bmatrix} Z_1^*(t-1) \\ Z_2^*(t-1) \\ Z_3^*(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix} \\
\begin{bmatrix} Z_1^*(t) \\ Z_2^*(t) \\ Z_3^*(t) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} -0,43506 & 5,01060 & 1,73214 \\ -0,09487 & 1,3453 & -0,03690 \\ 0,00491 & 0,00552 & 0,72440 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1^*(t-1) \\ Z_2^*(t-1) \\ Z_3^*(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

dengan $z_i(t)$ menyatakan deret waktu tentang tiga lokasi kunjungan objek wisata di Kabupaten Pacitan ke- i di bulan ke- t . Maka model GSTAR-OLS (1₁) pada persamaan tersebut dijabarkan secara ringkas untuk setiap lokasi objek wisata di Kabupaten Pacitan dengan bobot korelasi silang, yaitu:

Model GSTAR-OLS (1₁)-I(1) Objek Wisata Goa Gong

$$\begin{aligned}
Z_1^*(t) &= -0,43506 + Z_1^*(t-1) + 5,01060 Z_2^*(t-1) + 1,73214 Z_3^*(t-1) \\
Z_1(t) &= 0,56494 Z_1(t-1) + 0,43506(t-2) + 5,0106 Z_2(t-1) \\
&\quad - 5,0106 Z_2(t-1) + 1,73214 Z_3(t-1) - 1,73214 Z_3(t-2) \\
&\quad + e_1(t)
\end{aligned}$$

Model GSTAR-OLS (1₁)-I(1) Objek Wisata Pantai Klayar

$$\begin{aligned}
Z_2^*(t) &= -0,09487 + Z_1^*(t-1) + 1,3453 Z_2^*(t-1) - 0,03690 Z_3^*(t-1) \\
Z_2(t) &= -0,09345 Z_1(t-1) + 0,09345 Z_1(t-2) + 2,34455 Z_2(t-1) \\
&\quad - 1,34455 Z_2(t-1) - 0,0369 Z_3(t-1) + 0,0369 Z_3(t-2) \\
&\quad + e_2(t)
\end{aligned}$$

Model GSTAR-OLS (1₁)-I(1) Objek Wisata Pemandian Air Hangat Tirto Husodo

$$\begin{aligned}
Z_3^*(t) &= 0,00491 + Z_1^*(t-1) + 0,00552 Z_2^*(t-1) + 0,72440 Z_3^*(t-1) \\
Z_3(t) &= 0,00491 Z_1(t-1) - 0,00491 Z_1(t-2) + 0,00552 Z_2(t-1) \\
&\quad - 0,00552 Z_2(t-1) + 1,7244 Z_3(t-1) - 0,7244 Z_3(t-2) \\
&\quad + e_3(t)
\end{aligned}$$

Berdasarkan model GSTAR-OLS (1₁)-I(1) diketahui bahwa jumlah kunjungan wisatawan pada objek wisata Goa Gong dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan pada objek wisata tersebut pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya dan dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan di dua objek wisata lainnya pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya. Kunjungan wisatawan pada objek wisata Pantai Klayar dipengaruhi oleh kunjungan

wisatawan di Pantai Klayar sendiri pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya dan dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan di dua objek wisata lainnya pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya. Untuk kunjungan wisatawan di Pemandian Air Hangat Tirto Husodo dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan di Pemandian Air Hangat Tirto Husodo sendiri pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya dan dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan di dua objek wisata lainnya pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya.

4.5 Pemodelan Data Menggunakan GSTAR-SUR

Dalam pemodelan GSTAR-SUR, orde model yang digunakan adalah sama dengan GSTAR-OLS sebelumnya yaitu GSTAR-SUR (1_1) -I(1). Besar bobot yang digunakan dalam pemodelan GSTAR-SUR juga sama dengan bobot yang digunakan dalam pemodelan GSTAR-OLS (1_1) -I(1) yaitu dengan menggunakan bobot invers jarak dan bobot normalisasi korelasi silang. Estimasi yang digunakan dalam pemodelan GSTAR-SUR (1_1) -I(1) adalah menggunakan GLS (*Generalized Least Square*) sama halnya dengan metode estimasi yang digunakan oleh model SUR, oleh karena itu pemodelan GSTAR ini disebut GSTAR-SUR.

4.5.1 Penaksiran Parameter Menggunakan Bobot Invers Jarak

Sama halnya dengan model GSTAR-OLS, bobot invers jarak yang digunakan dalam model GSTAR-SUR (1_1) -I(1) merupakan normalisasi nilai invers jarak antar lokasi. Sehingga besar bobot yang digunakan adalah sama dengan bobot yang digunakan dalam model GSTAR-OLS seperti berikut ini

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0,713 & 0,287 \\ 0,77 & 0 & 0,23 \\ 0,574 & 0,426 & 0 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya dilakukan penaksiran parameter dari 6 variabel yang digunakan dalam pemodelan GSTAR-SUR (1_1) -I(1). Hasil

estimasi parameter GSTAR-SUR (1₁)-I(1) dengan bobot invers jarak dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR-SUR (1₁)-I(1) Menggunakan Semua Variabel Pada Bobot Invers Jarak

Parameter	Nilai Estimasi	Standart Error	t_{hitung}	t_{tabel}
ϕ_{10}^1	-0,41364	0,15597	-2,65	2,002
ϕ_{11}^1	6,88888	0,76625	8,99	2,002
ϕ_{20}^1	1,34024	0,04486	29,87	2,002
ϕ_{21}^1	-0,12316	0,01598	-7,61	2,002
ϕ_{30}^1	0,74578	0,03179	23,46	2,002
ϕ_{31}^1	0,00860	0,00106	8,10	2,002

Dari hasil estimasi parameter pada Tabel 4.15, selanjutnya dilakukan pengujian parameter model dengan uji-t.

1. Uji Signifikansi parameter ϕ_{10}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{10}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{10}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{-0,41364}{0,155965} = -2,65$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

2. Uji Signifikansi parameter ϕ_{11}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{11}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{11}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{6,888882}{0,766254} = 8,99$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

3. Uji Signifikansi parameter ϕ_{20}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{20}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{20}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{1,340237}{0,044863} = 29,87$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

4. Uji Signifikansi parameter ϕ_{21}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{21}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{21}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{-0,12163}{0,015983} = -7,61$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

5. Uji Signifikansi parameter ϕ_{30}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{30}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{30}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{0,745782}{0,031789} = 23,46$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

6. Uji Signifikansi parameter ϕ_{31}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{31}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{31}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{0,008602}{0,001063} = 8,10$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

Tabel 4.15 menjelaskan bahwa parameter yang signifikan adalah ϕ_{10}^1 untuk objek wisata Goa Gong, ϕ_{20}^1 untuk objek wisata Pantai Klayar, dan ϕ_{30}^1 untuk objek wisata Pemandian Air Hangat Tirta Husodo. Hal itu berarti bahwa banyaknya jumlah kunjungan wisatawan pada masing-masing objek tersebut dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan pada bulan sebelumnya. Sedangkan untuk bobot invers jarak, parameter signifikan pada ϕ_{11}^1 untuk objek wisata Goa Gong, ϕ_{21}^1 untuk objek wisata Pantai Klayar, dan ϕ_{31}^1 untuk objek wisata Pemandian Air Hangat Tirta Husodo. Hal itu berarti bahwa banyaknya jumlah kunjungan wisatawan pada masing-masing objek tersebut saling berpengaruh.

Model GSTAR-SUR (1₁)-I(1) terbaik yang diperoleh berdasarkan pada signifikansi parameter dugaan berdasarkan bobot invers jarak dapat dituliskan dalam bentuk matriks yang sesuai dengan persamaan (2.3) adalah

$$\begin{bmatrix} Z_1^*(t) \\ Z_2^*(t) \\ Z_3^*(t) \end{bmatrix} = \left(\begin{bmatrix} -0,414 & 0 & 0 \\ 0 & 1,340 & 0 \\ 0 & 0 & 0,746 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 6,889 & 0 & 0 \\ 0 & -0,121 & 0 \\ 0 & 0 & 0,009 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0,713 & 0,287 \\ 0,77 & 0 & 0,23 \\ 0,574 & 0,426 & 0 \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} Z_1^*(t-1) \\ Z_2^*(t-1) \\ Z_3^*(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Z_1^*(t) \\ Z_2^*(t) \\ Z_3^*(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,41364 & 4,91178 & 1,97711 \\ -0,09366 & 1,34023 & -0,02797 \\ 0,00494 & 0,00366 & 0,74578 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1^*(t-1) \\ Z_2^*(t-1) \\ Z_3^*(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix}$$

dengan $z_i(t)$ menyatakan deret waktu tentang tiga lokasi kunjungan objek wisata di Kabupaten Pacitan ke- i di bulan ke- t . Maka model GSTAR-SUR (1₁)-I(1) pada persamaan tersebut dijabarkan secara ringkas untuk setiap lokasi objek wisata di Kabupaten Pacitan dengan bobot invers jarak, yaitu:

Model GSTAR-SUR (1₁)-I(1) Objek Wisata Goa Gong

$$\begin{aligned} Z_1^*(t) &= -0,41364 + Z_1^*(t-1) + 4,91178 Z_2^*(t-1) + 1,97711 Z_3^*(t-1) \\ Z_1(t) &= 0,58636 Z_1(t-1) + 0,41364 Z_1(t-2) + 4,91178 Z_2(t-1) \\ &\quad - 4,91178 Z_2(t-1) + 1,97711 Z_3(t-1) - 1,97711 Z_3(t-2) \\ &\quad + e_1(t) \end{aligned}$$

Model GSTAR-SUR (1₁)-I(1) Objek Wisata Pantai Klayar

$$\begin{aligned} Z_2^*(t) &= -0,09366 + Z_1^*(t-1) + 1,34023 Z_2^*(t-1) - 0,02797 Z_3^*(t-1) \\ Z_2(t) &= -0,09366 Z_1(t-1) + 0,09366 Z_1(t-2) + 2,34023 Z_2(t-1) \\ &\quad - 1,34023 Z_2(t-1) - 0,02797 Z_3(t-1) + 0,02797 Z_3(t-2) \\ &\quad + e_2(t) \end{aligned}$$

Model GSTAR-SUR (1₁)-I(1) Objek Wisata Pemandian Air Hangat Tirto Husodo

$$\begin{aligned} Z_3^*(t) &= 0,00494 + Z_1^*(t-1) + 0,00366 Z_2^*(t-1) + 0,74578 Z_3^*(t-1) \\ Z_3(t) &= 0,00494 Z_1(t-1) - 0,00494 Z_1(t-2) + 0,00366 Z_2(t-1) \\ &\quad - 0,00366 Z_2(t-1) + 1,74578 Z_3(t-1) - 0,74578 Z_3(t-2) \\ &\quad + e_3(t) \end{aligned}$$

Berdasarkan model GSTAR-SUR (1₁)-I(1) diketahui bahwa jumlah kunjungan wisatawan pada objek wisata Goa Gong

dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan pada objek wisata tersebut pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya dan dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan di dua objek wisata lainnya pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya. Kunjungan wisatawan pada objek wisata Pantai Klayar dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan di Pantai Klayar sendiri pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya dan dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan di dua objek wisata lainnya pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya.. Untuk kunjungan wisatawan di Pemandian Air Hangat Tirta Husodo dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan di Pemandian Air Hangat Tirta Husodo sendiri pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya dan dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan di dua objek wisata lainnya pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya.

4.5.2 Penaksiran Parameter Menggunakan Bobot Korelasi Silang

Bobot korelasi silang yang digunakan pada pemodelan ini sama dengan bobot korelasi silang yang digunakan pada pemodelan GSTAR-OLS $(1)_I(1)$ sebelumnya yaitu:

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0,743 & 0,257 \\ 0,72 & 0 & 0,28 \\ 0,471 & 0,529 & 0 \end{bmatrix}$$

Tabel 4.16 Hasil Estimasi Parameter Model GSTAR-SUR $(1)_I(1)$ Menggunakan Semua Variabel Pada Bobot Korelasi Silang

Parameter	Nilai Estimasi	Standart Error	t_{hitung}	t_{tabel}
ϕ_{10}^1	-0,40995	0,15532	-2,64	2,002
ϕ_{11}^1	6,62341	0,73567	9,00	2,002
ϕ_{20}^1	1,33926	0,04478	27,91	2,002
ϕ_{21}^1	-0,12944	0,01702	-7,60	2,002
ϕ_{30}^1	0,73532	0,03295	22,31	2,002
ϕ_{31}^1	0,01003	0,00123	8,12	2,002

Selanjutnya dilakukan penaksiran parameter dari 6 variabel yang digunakan dalam pemodelan GSTAR-SUR (1₁)-I(1). Hasil estimasi parameter GSTAR-SUR (1₁)-I(1) dengan bobot korelasi silang dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Dari hasil estimasi parameter pada Tabel 4.16, selanjutnya dilakukan pengujian parameter model dengan uji-t.

1. Uji Signifikansi parameter ϕ_{10}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{10}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{10}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{-0,40995}{0,155315} = -2,64$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

2. Uji Signifikansi parameter ϕ_{11}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{11}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{11}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{6,623411}{0,735667} = 9,00$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

3. Uji Signifikansi parameter ϕ_{20}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{20}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{20}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{1,339259}{0,044771} = 29,91$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

4. Uji Signifikansi parameter ϕ_{21}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{21}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{21}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{-0,12944}{0,017023} = -7,60$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

5. Uji Signifikansi parameter ϕ_{30}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{30}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{30}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{0,735319}{0,032956} = 22,31$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

6. Uji Signifikansi parameter ϕ_{31}^1

Hipotesis:

$$H_0 : \phi_{31}^1 = 0, \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{31}^1 \neq 0, \text{ (parameter signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{0,010030}{0,001235} = 8,12$$

$$t_{tabel} = t_{(2,5\%,57)} = 2,002$$

Kriteria Pengujian:

dengan $\alpha = 5\%$, karena $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak yang artinya parameter signifikan.

Tabel 4.16 menjelaskan bahwa parameter yang signifikan adalah ϕ_{10}^1 untuk objek wisata Goa Gong, ϕ_{20}^1 untuk objek wisata Pantai Klayar, dan ϕ_{30}^1 untuk objek wisata Pemandian Air Hangat Tirto Husodo. Hal itu berarti bahwa banyaknya jumlah kunjungan wisatawan pada masing - masing objek tersebut dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan pada bulan sebelumnya. Sedangkan untuk bobot korelasi silang, parameter signifikan pada ϕ_{11}^1 untuk objek wisata Goa Gong, ϕ_{21}^1 untuk objek wisata Pantai Klayar, dan ϕ_{31}^1 untuk objek wisata Pemandian Air Hangat Tirto Husodo. Hal itu berarti bahwa banyaknya jumlah kunjungan wisatawan pada masing-masing objek tersebut saling berpengaruh.

Model GSTAR-SUR (1₁)-I(1) terbaik yang diperoleh berdasarkan pada signifikansi parameter dugaan berdasarkan bobot korelasi silang dapat dituliskan dalam bentuk matriks yang sesuai dengan persamaan (2.3) adalah

$$\begin{bmatrix} Z_1^*(t) \\ Z_2^*(t) \\ Z_3^*(t) \end{bmatrix} = \left(\begin{bmatrix} -0,410 & 0 & 0 \\ 0 & 1,339 & 0 \\ 0 & 0 & 0,735 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 6,623 & 0 & 0 \\ 0 & -0,130 & 0 \\ 0 & 0 & 0,010 \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} 0 & 0,743 & 0,257 \\ 0,72 & 0 & 0,28 \\ 0,471 & 0,529 & 0 \end{bmatrix} \\ + \begin{bmatrix} Z_1^*(t-1) \\ Z_2^*(t-1) \\ Z_3^*(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} Z_1^*(t) \\ Z_2^*(t) \\ Z_3^*(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,40995 & 4,92119 & 1,70222 \\ -0,09356 & 1,33926 & -0,03638 \\ 0,00472 & 0,00531 & 0,73532 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1^*(t-1) \\ Z_2^*(t-1) \\ Z_3^*(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix}$$

dengan $z_i(t)$ menyatakan deret waktu tentang tiga lokasi kunjungan objek wisata di Kabupaten Pacitan ke- i di bulan ke- t . Maka model GSTAR-SUR (1₁)-I(1) pada persamaan tersebut dijabarkan secara ringkas untuk setiap lokasi objek wisata di Kabupaten Pacitan dengan bobot korelasi silang, yaitu:

Model GSTAR-SUR (1₁)-I(1) Objek Wisata Goa Gong

$$\begin{aligned} Z_1^*(t) &= -0,40995 + Z_1^*(t-1) + 4,92119 Z_2^*(t-1) + 1,70222 Z_3^*(t-1) \\ Z_1(t) &= 0,59005 Z_1(t-1) + 0,40995 Z_1(t-2) + 4,92119 Z_2(t-1) \\ &\quad - 4,92119 Z_2(t-1) + 1,70222 Z_3(t-1) - 1,70222 Z_3(t-2) \\ &\quad + e_1(t) \end{aligned}$$

Model GSTAR-SUR (1₁)-I(1) Objek Wisata Pantai Klayar

$$\begin{aligned} Z_2^*(t) &= -0,09356 + Z_1^*(t-1) + 1,33926 Z_2^*(t-1) - 0,03638 Z_3^*(t-1) \\ Z_2(t) &= -0,09356 Z_1(t-1) + 0,09356 Z_1(t-2) + 2,33926 Z_2(t-1) \\ &\quad - 1,33926 Z_2(t-1) - 0,03638 Z_3(t-1) + 0,03638 Z_3(t-2) \\ &\quad + e_2(t) \end{aligned}$$

Model GSTAR-SUR (1₁)-I(1) Objek Wisata Pemandian Air Hangat Tirto Husodo

$$\begin{aligned} Z_3^*(t) &= 0,00472 + Z_1^*(t-1) + 0,00531 Z_2^*(t-1) + 0,73532 Z_3^*(t-1) \\ Z_3(t) &= 0,0472 Z_1(t-1) - 0,00472 Z_1(t-2) + 0,00531 Z_2(t-1) \\ &\quad - 0,00531 Z_2(t-1) + 1,73532 Z_3(t-1) - 0,73532 Z_3(t-2) \\ &\quad + e_3(t) \end{aligned}$$

Berdasarkan model GSTAR-SUR (1₁)-I(1) diketahui bahwa jumlah kunjungan wisatawan pada objek wisata Goa Gong dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan pada objek wisata tersebut pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya dan dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan di dua objek wisata lainnya pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya. Kunjungan wisatawan pada objek wisata Pantai Klayar dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan di Pantai Klayar sendiri pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya dan dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan di dua objek wisata lainnya pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya. Untuk kunjungan wisatawan di Pemandian Air Hangat Tirto Husodo dipengaruhi oleh kunjungan wisatawan di Pemandian Air Hangat Tirto Husodo sendiri pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya dan dipengaruhi oleh

kunjungan wisatawan di dua objek wisata lainnya pada bulan sebelumnya dan dua bulan sebelumnya.

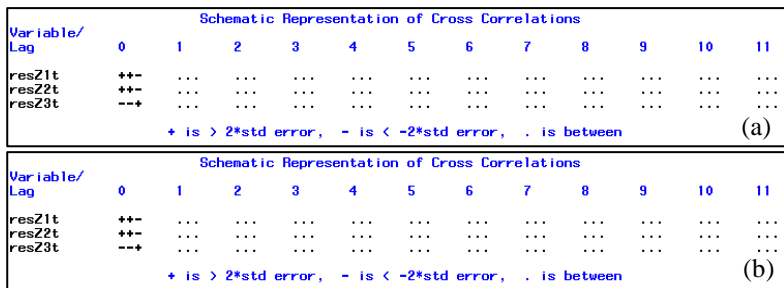
4.6 Pengujian Asumsi Residual

Untuk mengetahui dan memastikan model dugaan sudah merupakan model yang sesuai untuk data yang tersedia maka perlu dilakukan pengujian asumsi terhadap model. Asumsi residual yang harus dipenuhi pada pengujian ini adalah *white noise* dan *multivariate* normal. Pengujian asumsi residual dilakukan terhadap model GSTAR yang telah terbentuk dengan dua jenis bobot lokasi, yaitu GSTAR-OLS (1_1) -I(1) dengan bobot invers jarak dan korelasi silang, serta GSTAR-SUR (1_1) -I(1) dengan bobot invers jarak dan korelasi silang.

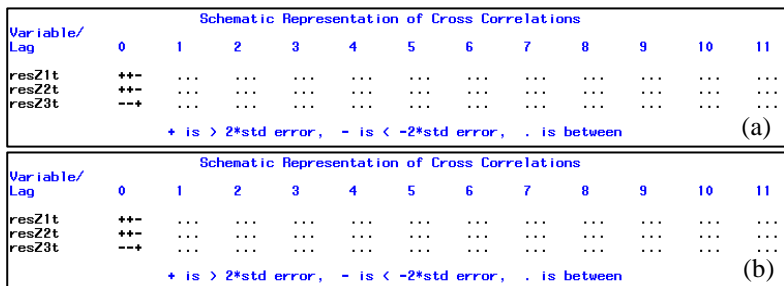
4.6.1 Asumsi *White Noise*

Pengujian asumsi *white noise* dilakukan terhadap residual dari model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR dengan dua bobot lokasi untuk mengetahui apakah asumsi model tersebut sudah terpenuhi atau belum. Pengujian tersebut dilakukan dengan cara memodelkan ulang residual yang di dapatkan dari ketiga lokasi wisata secara *multivariate* dan melakukan pengecekan skema matriks korelasi silang (MACF) antar residual. *White noise* artinya residual model tidak berkorelasi atau saling bebas satu sama lain. Identifikasi *white noise* dapat dilihat pada skema matriks korelasi silang antar residual model GSTAR-OLS (1_1) -I(1) dan GSTAR-SUR (1_1) -I(1) pada Gambar 4.15 dan Gambar 4.16.

Dari kedua skema MACF pada Gambar 4.15 dan Gambar 4.16 dapat dilihat bahwa tidak ada korelasi silang pada residual. Hal ini ditunjukkan dengan banyaknya simbol (.) dibandingkan simbol (+) dan (-) sehingga dapat dikatakan bahwa hasil residual untuk bobot invers jarak dan korelasi silang saling bebas satu sama lain atau *white noise*.



Gambar 4.15 Skema MACF residual GSTAR-OLS (1₁)-I(1) dengan Bobot (a) Invers Jarak (b) Korelasi Silang

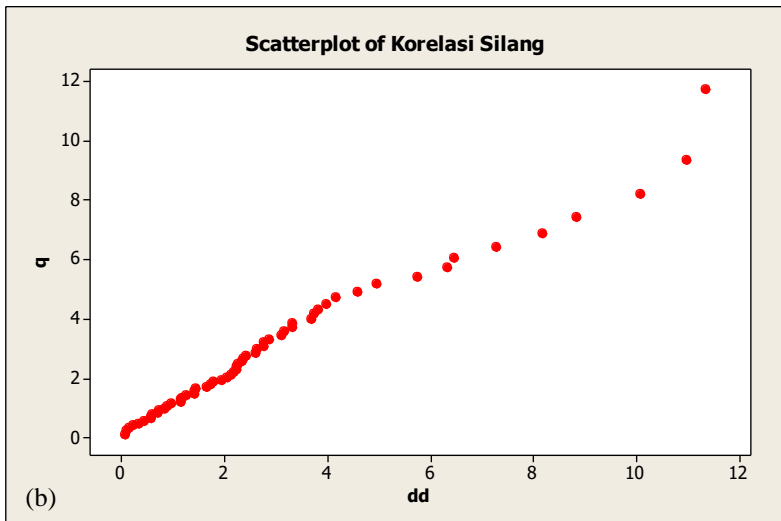
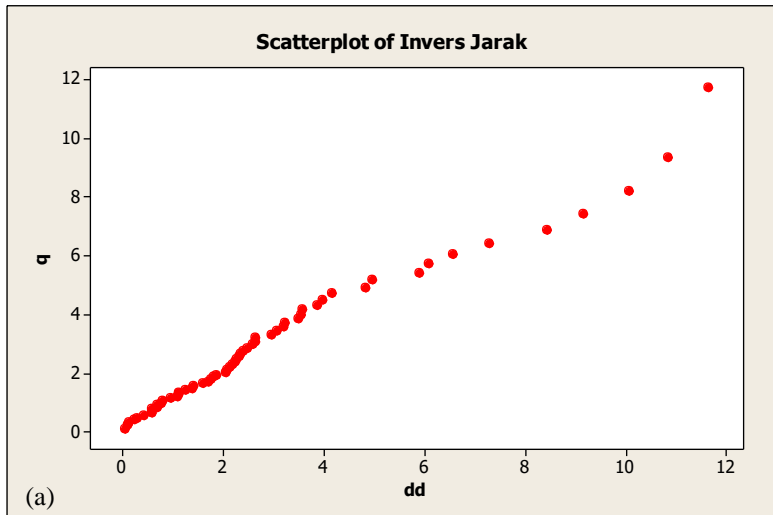


Gambar 4.16 Skema MACF residual GSTAR-SUR (1₁)-I(1) dengan Bobot (a) Invers Jarak (b) Korelasi Silang

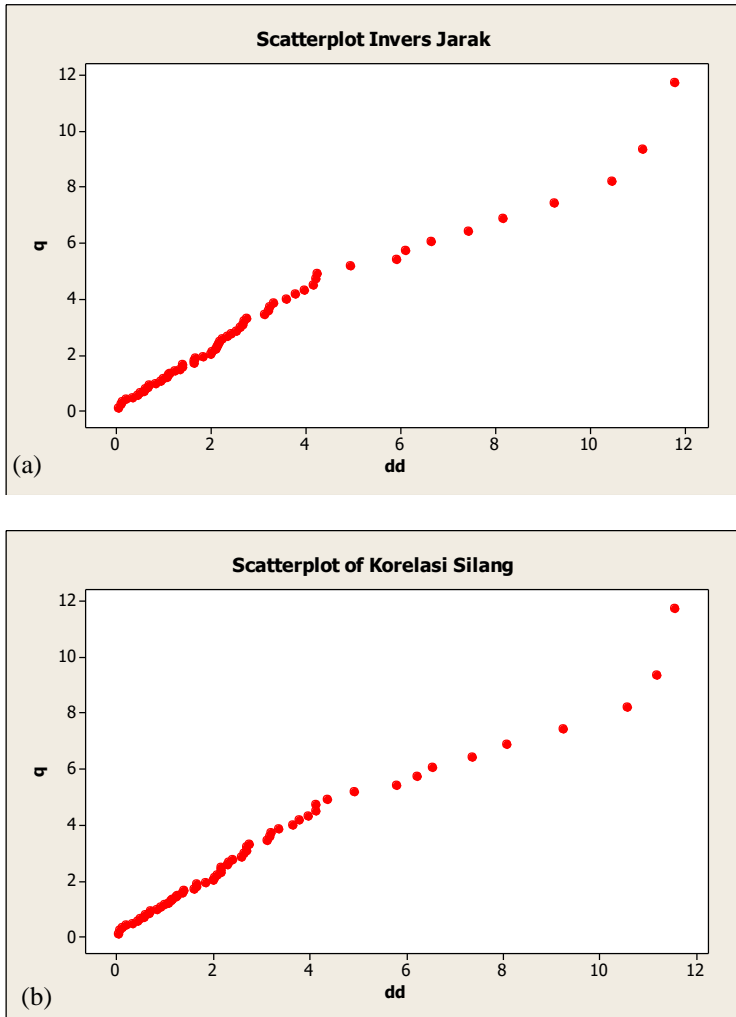
4.6.2 Asumsi *Multivariate Normal*

Secara visual residual dari data *multivariate* dikatakan mengikuti distribusi normal jika plot residual menyebar di sekitar garis diagonal. . Sedangkan dalam pengujian statistik, berdistribusi normal jika jumlah jarak kuadrat residual yang lebih kecil dari nilai *chi-square* mempunyai persentase lebih dari 50% jumlah data dan hasilnya ditampilkan pada gambar 4.17 dan Gambar 4.18. Syntax *Matlab* untuk plot *Chi-Square* residual uji normalitas dapat dilihat pada Lampiran I.

Pada Gambar 4.17 dan Gambar 4.18 terlihat bahwa residual data sudah berdistribusi *multivariate* normal karena residual menyebar di sekitar garis diagonal.



Gambar 4.17 Plot *Chi-Square* residual GSTAR-OLS (1_1) - $I(1)$ dengan Bobot (a) Invers Jarak (b) Korelasi Silang



Gambar 4.18 Plot *Chi-Square* residual GSTAR-SUR (1₁)-I(1) dengan Bobot (a) Invers Jarak (b) Korelasi Silang

4.7 Perbandingan *Standart Error* Model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR

Model GSTAR-SUR lebih efisien dibandingkan model GSTAR-OLS. Hal itu dapat dilihat pada perbandingan *standart error* kedua model pada 2 bobot lokasi di Tabel 4.17 dan Tabel 4.18. Tabel 4.17 dan Tabel 4.18 menunjukkan bahwa nilai *standart error* hasil estimasi parameter model GSTAR-SUR adalah lebih kecil dibandingkan *standart error* model GSTAR-OLS.

Tabel 4.17 Nilai *Standart Error* Model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR dengan Bobot Invers Jarak

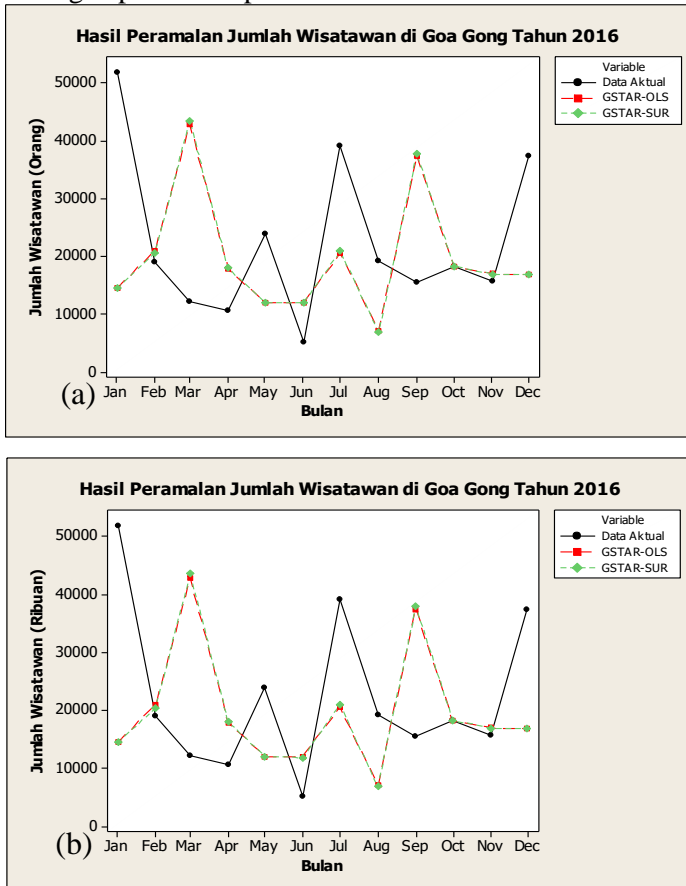
GSTAR-OLS			GSTAR-SUR		
Parameter	Nilai Estimasi	Standart Error	Parameter	Nilai Estimasi	Standart Error
ϕ_{10}^1	-0,43127	0,16773	ϕ_{10}^1	-0,41364	0,15597
ϕ_{11}^1	6,97582	0,82451	ϕ_{11}^1	6,88888	0,76625
ϕ_{20}^1	1,34455	0,04794	ϕ_{20}^1	1,34024	0,04486
ϕ_{21}^1	-0,12316	0,01707	ϕ_{21}^1	-0,12316	0,01598
ϕ_{30}^1	0,73667	0,03427	ϕ_{30}^1	0,74578	0,03179
ϕ_{31}^1	0,00890	0,00114	ϕ_{31}^1	0,00860	0,00106

Tabel 4.18 Nilai *Standart Error* Model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR dengan Bobot Korelasi Silang

GSTAR-OLS			GSTAR-SUR		
Parameter	Nilai Estimasi	Standart Error	Parameter	Nilai Estimasi	Standart Error
ϕ_{10}^1	-0,43506	0,16819	ϕ_{10}^1	-0,40995	0,15532
ϕ_{11}^1	6,74274	0,79706	ϕ_{11}^1	6,62341	0,73567
ϕ_{20}^1	1,34563	0,04811	ϕ_{20}^1	1,33926	0,04478
ϕ_{21}^1	-0,13185	0,01828	ϕ_{21}^1	-0,12944	0,01702
ϕ_{30}^1	0,72440	0,03577	ϕ_{30}^1	0,73532	0,03295
ϕ_{31}^1	0,01043	0,00134	ϕ_{31}^1	0,01003	0,00123

4.8 Peramalan Jumlah Wisatawan Menggunakan Model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR

Selanjutnya adalah meramalkan jumlah wisatawan pada data *out sample* pada periode Januari 2016 sampai dengan Desember 2016. Hasil peramalan model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR di Goa Gong dapat dilihat pada Gambar 4.19.



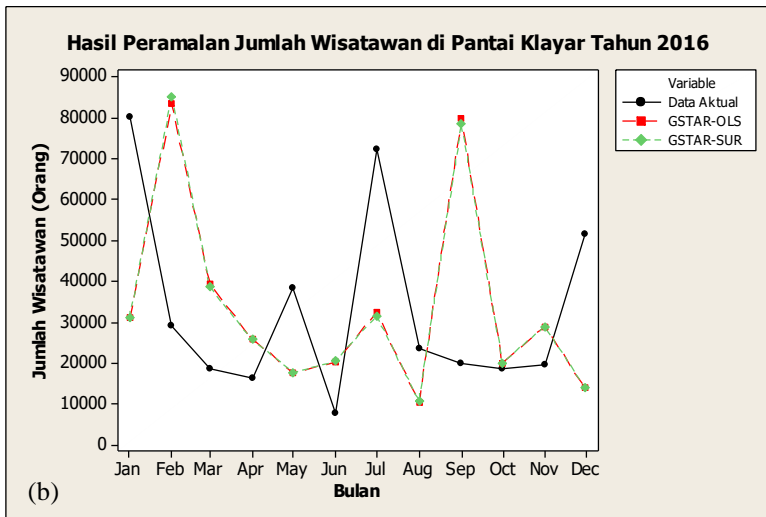
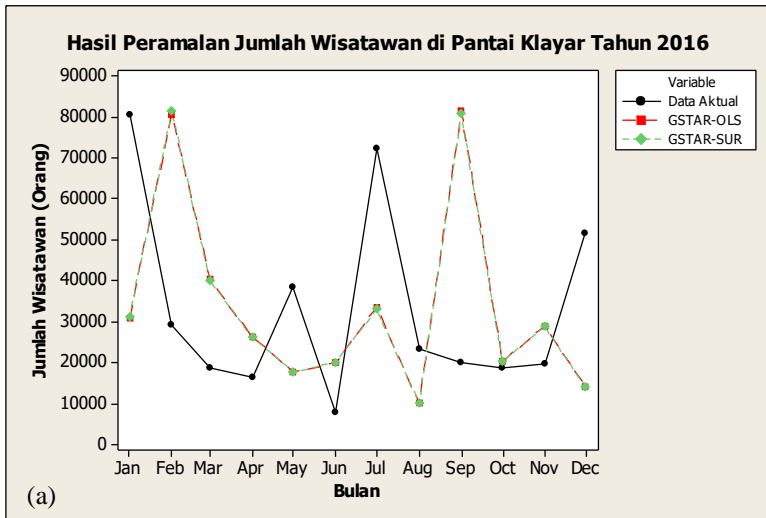
Gambar 4.19 Hasil ramalan *out sample* Jumlah Wisatawan pada Objek Wisata Goa Gong dengan Bobot (a) Invers Jarak (b) Korelasi Silang

Hasil ramalan jumlah wisatawan menggunakan model GSTAR-OLS ditunjukkan dengan garis warna merah sedangkan hasil ramalan jumlah wisatawan menggunakan model GSTAR-SUR ditunjukkan dengan garis hijau. Garis warna hitam menunjukkan data aktual jumlah wisatawan di Goa Gong.

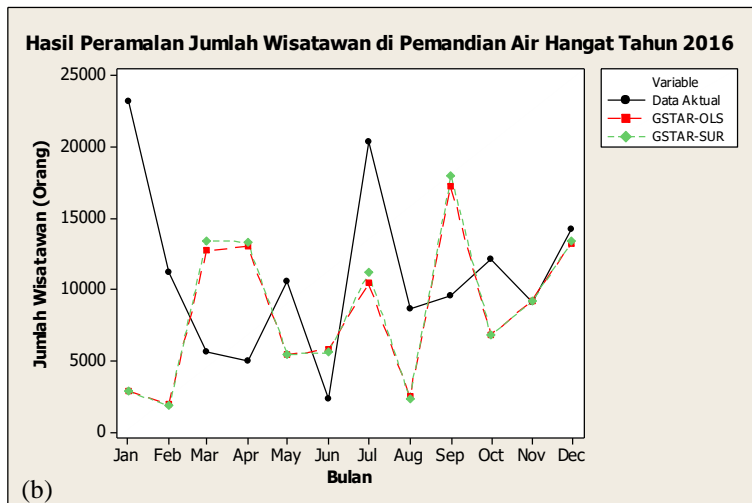
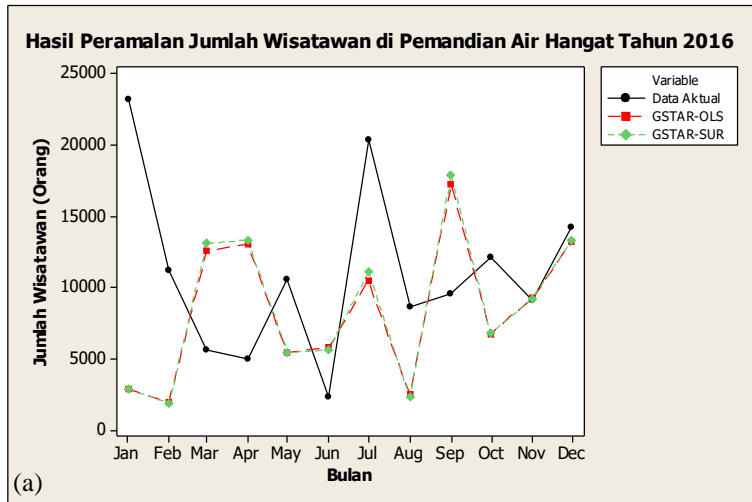
Berdasarkan Gambar 4.19 dapat diketahui bahwa hasil peramalan menggunakan model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR berbeda dengan nilai sebenarnya. Berdasarkan Gambar 4.19 juga dapat dibandingkan hasil peramalan jumlah wisatawan menggunakan model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR dengan bobot yang sama. Kedua model menghasilkan nilai peramalan dengan perbedaan nilai yang sangat kecil. Perbedaan yang sangat kecil terjadi di semua metode bobot yang digunakan yaitu bobot invers jarak dan korelasi silang.

Sama halnya dengan hasil peramalan di Goa Gong, pada Gambar 4.20 menunjukkan hasil ramalan jumlah wisatawan di Pantai Klayar menggunakan GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR yang berbeda dengan nilai sebenarnya. Hal ini terlihat dari plot warna hijau dan merah yang berbeda dengan plot warna hitam. Selain itu, hasil peramalan jumlah wisatawan di Pantai Klayar dengan model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR menunjukkan perbedaan hasil ramalan yang kecil. Hal itu dapat dilihat pada Gambar 4.20 baik menggunakan bobot invers jarak maupun bobot korelasi silang.

Selanjutnya adalah Gambar 4.21 yaitu hasil peramalan wisatawan di Pemandian Air Hangat Tirto Husodo. Berdasarkan gambar tersebut, dapat diketahui bahwa hasil ramalan dengan model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR berbeda dengan nilai sebenarnya. Hal ini terlihat dari plot warna hijau dan merah yang berbeda dengan plot warna hitam. Selain itu, hasil peramalan jumlah wisatawan di Pemandian Air Hangat Tirto Husodo dengan model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR menunjukkan perbedaan hasil ramalan yang kecil. Hal itu dapat dilihat pada Gambar 4.21 baik menggunakan bobot invers jarak maupun bobot korelasi silang.



Gambar 4.20 Hasil ramalan *out sample* Jumlah Wisatawan pada Objek Wisata Pantai Klayar dengan Bobot (a) Invers Jarak (b) Korelasi Silang



Gambar 4.21 Hasil ramalan *out sample* Jumlah Wisatawan pada Objek Wisata Pemandian Banyu Anget Bobot
(a) Invers Jarak (b) Korelasi Silang

4.9 Pemilihan Model Terbaik

Setelah dilakukan pemodelan data jumlah wisatawan di tiga lokasi wisata dengan menggunakan model GSTAR-OLS dan GSTAR-SUR maka didapatkan hasil ramalan untuk data *out sample*. Selanjutnya, dapat dihitung nilai RMSE untuk masing-masing model. Model terbaik adalah model yang memiliki nilai RMSE *out sample* terkecil seperti yang bisa dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 RMSE Model GSTAR-OLS (1₁)-I(1) dan GSTAR-SUR (1₁)-I(1) Tiap Bobot

Lokasi Objek Wisata	GSTAR-OLS		GSTAR-SUR	
	Invers Jarak	Korelasi Silang	Invers Jarak	Korelasi Silang
Goa Gong	8733	8743	8548	8475
Pantai Klayar	2062	1926	1934	1777
Pemandian Air Hangat	8961	8909	8449	8312
Rata-Rata	6585	6526	6310	6188

Dari tabel hasil perbandingan tersebut dapat diketahui bahwa tingkat ketepatan ramalan untuk model GSTAR dengan rata-rata terkecil terletak pada bobot korelasi silang yaitu sebesar 6188. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa model terbaik adalah model GSTAR-SUR (1₁)-I(1) dengan bobot korelasi silang.

BAB V

PENUTUP

Pada bab ini dilakukan penarikan kesimpulan dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan. Kemudian diberikan pula saran.

5.1 Kesimpulan

Hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dalam Tugas Akhir ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Model GSTAR untuk jumlah kunjungan wisatawan adalah GSTAR-SUR (1₁)-I(1) dengan bobot korelasi silang. Model GSTAR-SUR (1₁)-I(1) masing-masing objek wisata adalah sebagai berikut.

Model GSTAR-SUR (1₁)-I(1) Objek Wisata Goa Gong

$$\begin{aligned} Z_1(t) = & 0,59005 Z_1(t-1) + 0,40995 Z_1(t-2) + 4,92119 \\ & Z_2(t-1) - 4,92119 Z_2(t-1) + 1,70222 Z_3(t-1) \\ & - 1,70222 Z_3(t-2) + e_1(t) \end{aligned}$$

Model GSTAR-SUR (1₁)-I(1) Objek Wisata Pantai Klayar

$$\begin{aligned} Z_2(t) = & -0,09356 Z_1(t-1) + 0,09356 Z_1(t-2) + 2,33926 \\ & Z_2(t-1) - 1,33926 Z_2(t-1) - 0,03638 Z_3(t-1) \\ & + 0,03638 Z_3(t-2) + e_2(t) \end{aligned}$$

Model GSTAR-SUR (1₁)-I(1) Objek Wisata Pemandian Air Hangat Tirto Husodo

$$\begin{aligned} Z_3(t) = & 0,0472 Z_1(t-1) - 0,00472 Z_1(t-2) + 0,00531 \\ & Z_2(t-1) - 0,00531 Z_2(t-1) + 1,73532 Z_3(t-1) \\ & - 0,73532 Z_3(t-2) + e_3(t) \end{aligned}$$

2. Hasil perbandingan akurasi peramalan dari model GSTAR-OLS (1₁)-I(1) dan GSTAR-SUR (1₁)-I(1) menunjukkan bahwa model GSTAR-SUR (1₁)-I(1) mempunyai nilai RMSE yang lebih kecil di semua objek wisata pada bobot korelasi silang.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya berdasarkan penelitian yang telah dilakukan ini adalah:

1. Menambahkan data periode pengamatan sehingga dapat menangkap lag musiman dan memasukkan ke dalam model.
2. Menambahkan variabel independen, yang diduga mempengaruhi kunjungan wisatawan pada objek wisata di Kabupaten Pacitan, misalnya biaya promosi pariwisata, rata-rata lama wisatawan menginap, dan biaya retribusi.
3. Pengembangan model GSTAR menjadi GSTARX.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Borovkova, S. A., Lopuha, H. P., dan Ruchjana, B. N. (2002). **Generalized STAR With Random Weights**. Proceeding of the 17th International Workshop on Statistical Modelling. Chania-Greece.
- [2] Gumanti, D. N. (2009). **Penerapan Metode GSTAR dengan Pendekatan Spatio-Temporal untuk Memodelkan Kejadian Demam Berdarah di Kota Surabaya**. Tugas Akhir Statistika ITS Surabaya.
- [3] Wustqa, D. U. dan Suhartono (2010). **Seasonal Multivariate Time Series Forecasting on Tourism Data by Using Var-GSTAR Model**. Jurnal ILMU DASAR, Vol. 11, No. 1, hal. 101-109.
- [4] Iriany, A., Suhariningsih, Ruchjana B. N., dan Setiawan. (2013). **Prediction of Precipitation Data at Batu Town Using the GSTAR (1,p)-SUR Model**. Journal of Basic and Applied Scientific Research. Vol. 3, hal 860-865.
- [5] Makridakis, McGee, dan Wheelright, W. (1999). **Metode dan Aplikasi Peramalan**. Edisi kedua. Terjemahan. Andriyanto, U. S. Bina Rupa Aksara: Jakarta.
- [6] Ispriyanti, D. 2004. **Pemodelan Statistika dengan Transformasi Box Cox**. Semarang. Jurnal Matematika dan Komputer Vol. 7 No. 3.
- [7] Borovkova, S. A., Lopuha, H. P., dan Ruchjana, B. N. (2008). **Consistency And Asymptotic Normality Of Least Square Estimators In Generalized STAR Models**. Statistical Association, Vol. 62, No. 4, hal. 482-508.
- [8] Zellner, A. (1962). **An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regression Equation and Tests for Aggregation Bias**. Journal of the American Statistical Association, Vol. 57, hal 348-368.
- [9] Wei, W. W. S. (2006). **Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Method Second Edition**. United States of America: Pearson Education, Inc.

- [10] Kurnia J. D. (2015). **Model *Generalized Space Time Autoregressive-X* (GSTARX) untuk Meramalkan Permintaan Uang di Provinsi Jawa Tengah**. Tesis Statistika ITS Surabaya.
- [11] Hannan E. J. (1970). **Multiple Time Series**. New York: Wiley.
- [12] Tiao, G. C., dan Box, G. E. P. (1981). **Modelling Multiple Time Series with Applications**. J. Amer. Statist. Assoc.
- [13] Dillon, W. R. dan Goldstein, M. (1984). **Multivariate Analysis Method and Applications**. Toronto, Brisbane. Singapore.
- [14] Suhartono dan R.M. Atok. (2006). **Pemilihan Bobot Lokasi yang Optimal Pada Model GSTAR**. Prosiding Konferensi Nasional Matematika XIII, (hal 571-580). Semarang, Indonesia: Universitas Negeri Semarang.
- [15] Johnson, R. A., Wichern, D. W. (2007). **Applied Multivariate Statistical Analysis Sixth Edition**. United States of America: Pearson Education, Inc.
- [16] Hakim, A. R. 2011. **Pengantar Time Series: Stasioneritas, Akar Unit dan Kointegrasi**. Buku Ajar Ilmu Ekonomi FE-UI. Depok.
- [17] Schott R. J. 2016. **Matrix Analysis For Statistics**. John Wiley & Sons, Inc.
- [18] Dr. Eng, Anugraha. Rinto, M.Si. (2012). **Mekanika Benda Langit**. Buku Ajar Fisika FMIPA-UGM. Yogyakarta.

LAMPIRAN A
Data Jumlah Wisatawan pada Tiga Lokasi Wisata di
Kabupaten Pacitan Tahun 2011-2016

No	Tahun	Periode	Nama Obyek		
			$A_1(t)$	$A_2(t)$	$A_3(t)$
1	2011	Jan	14348	4453	13238
2		Feb	6038	2151	5886
3		Mar	5598	2070	7188
4		Apr	4985	2037	6583
5		May	11124	2700	8231
6		Jun	15072	3090	10654
7		Jul	15414	4240	10312
8		Aug	2065	1500	2379
9		Sep	26068	11461	23564
10		Oct	12095	3030	6313
11		Nov	4207	1646	5930
12		Dec	9194	2301	7613
13	2012	Jan	17946	5454	15948
14		Feb	4437	1677	6785
15		Mar	5878	2118	6152
16		Apr	6626	2673	4912
17		May	11739	2898	6178
18		Jun	9008	2421	6287
19		Jul	14456	4043	7515
20		Aug	23291	10742	17285
21		Sep	9790	2990	8663
22		Oct	12035	3916	7171
23		Nov	8328	2782	11641
24		Dec	14914	4229	16838

LAMPIRAN A (LANJUTAN)

No	Tahun	Periode	Nama Obyek		
			$A_1(t)$	$A_2(t)$	$A_3(t)$
25	2013	Jan	15074	6522	12935
26		Feb	5554	2318	5791
27		Mar	6582	2262	5419
28		Apr	8526	2780	6075
29		May	11243	3090	7881
30		Jun	12814	2573	6962
31		Jul	11738	3674	6659
32		Aug	29495	10914	20409
33		Sep	13967	3856	10510
34		Oct	10501	3574	8384
35		Nov	10345	4772	10472
36		Dec	12811	3889	13160
37	2014	Jan	23426	13317	16986
38		Feb	8155	3989	6933
39		Mar	6943	3082	5357
40		Apr	16276	10021	9752
41		May	15071	10515	10616
42		Jun	31848	18469	17517
43		Jul	1862	1203	1316
44		Aug	40622	40470	25253
45		Sep	23493	14248	13146
46		Oct	15120	11441	7109
47		Nov	14869	12312	6344
48		Dec	15746	18658	8394

LAMPIRAN A (LANJUTAN)

No	Tahun	Periode	Nama Obyek		
			$A_1(t)$	$A_2(t)$	$A_3(t)$
49	2015	Jan	28470	28921	4587
50		Feb	12295	14316	3379
51		Mar	13100	15242	3182
52		Apr	11520	15861	2754
53		May	14761	21957	3071
54		Jun	22136	28997	5135
55		Jul	25612	75184	7967
56		Aug	25409	31264	4414
57		Sep	20148	22998	3124
58		Oct	14301	21173	2648
59		Nov	14117	28338	2879
60		Dec	14714	27893	2821
61	2016	Jan	51724	80449	23208
62		Feb	19057	29246	11229
63		Mar	12314	18602	5608
64		Apr	10519	16169	5024
65		May	23945	38386	10536
66		Jun	5154	7615	2352
67		Jul	39186	72520	20368
68		Aug	19086	23394	8684
69		Sep	15465	20061	9602
70		Oct	18142	18738	12149
71		Nov	15708	19640	9152
72		Dec	37291	51610	14246

LAMPIRAN B

Syntax Program SAS Identifikasi Model GSTAR

```

data wisatawan;
input Z1t Z2t Z3t;
datalines;
10.94454829      2.898505357      0.235378473
8.815019496      2.770142258      0.249280366
8.649842974      2.763205364      0.245659671
8.402650322      2.760295893      0.247236018
10.26987707      2.810873005      0.243279979
11.08007554      2.834770955      0.238906859
11.1424024      2.890037811      0.239448739
6.74108827      2.704296653      0.267582891
12.70652889      3.057238173      0.226621159
10.48700483      2.831310279      0.247996008
8.053656975      2.721415694      0.249142978
9.792106423      2.782283072      0.244643539
11.57422487      2.933275398      0.232456383
8.16154458      2.724841603      0.246691231
8.756033116      2.767350272      0.248467801
9.022208471      2.809084676      0.252678014
10.40897045      2.823433393      0.248390624
9.742201196      2.79140394      0.248071224
10.96508581      2.881794974      0.244871784
12.35369952      3.046623799      0.231221694
9.947081424      2.828962472      0.242396783
10.47397478      2.876252076      0.245701788
9.552898847      2.816189868      0.237451073
11.05092254      2.889588351      0.231621686
11.0804431      2.963601923      0.235748355
8.632795812      2.78360558      0.249581212
9.007193018      2.779209358      0.250818446
9.609180075      2.816062181      0.248698657
10.2972333      2.834770955      0.244036706
10.63949904      2.802289745      0.246229452
10.40874877      2.865141579      0.24702875
13.10500226      3.049229681      0.228725853
10.87115739      2.873566713      0.239132486
10.12296335      2.860321782      0.242961042

```

LAMPIRAN B (LANJUTAN)

10.08515608	2.910415912	0.239192634
10.63887626	2.875049101	0.235472734
12.37156197	3.081687313	0.23148789
9.502896328	2.879461035	0.246304151
9.128234562	2.834313676	0.251034477
11.29501782	3.035199857	0.240383404
11.07989175	3.043116509	0.238966049
13.35889515	3.134301984	0.231018828
6.568934314	2.663188637	0.281561208
14.19679547	3.257041025	0.225625095
12.38039838	3.092631861	0.235489722
11.08888674	3.056952514	0.245856399
11.0425771	3.068929728	0.247906806
11.20192245	3.135925746	0.242940436
12.98963258	3.205046529	0.253994927
10.53009122	3.093401537	0.260096129
10.69837518	3.103515757	0.261339746
10.36008026	3.109922595	0.264393652
11.0224705	3.161778182	0.262082016
12.19761121	3.20545592	0.251833165
12.6505927	3.350775093	0.243847135
12.62545078	3.217176177	0.254742248
11.91401069	3.169094908	0.261723638
10.93557445	3.156023141	0.265239284
10.90022854	3.201868039	0.263445562
11.01368593	3.199395418	0.263879168

```

proc varmax data=wisatawan lagmax=60 printall;
model Z1t Z2t Z3t/ p=1 minic=(type=SBC p=(0:12) q=(0:4))
noint
noint print=(corry pcorr);
run;

```

LAMPIRAN C
Program SAS Estimasi Parameter Kunjungan Wisatawan
dengan Bobot Invers Jarak

```
data winny;
input Z1t Z2t Z3t Z1t1 Z2t1 Z3t1 V1t1 V2t1 V3t1;
datalines;
8.815019496      2.770142258      0.249280366
10.94454829      2.898505357      0.235378473
2.134188         8.481439         7.516934
8.649842974      2.763205364      0.245659671
8.815019496      2.770142258      0.249280366
2.046655         6.844899         6.239902
8.402650322      2.760295893      0.247236018
8.649842974      2.763205364      0.245659671
2.040670         6.716881         6.142135
10.26987707      2.810873005      0.243279979
8.402650322      2.760295893      0.247236018
2.039048         6.526905         5.999007
11.08007554      2.834770955      0.238906859
10.26987707      2.810873005      0.243279979
2.073974         7.963760         7.092341
11.1424024       2.890037811      0.239448739
11.08007554      2.834770955      0.238906859
2.089758         8.586607         7.567576
6.74108827       2.704296653      0.267582891
11.1424024       2.890037811      0.239448739
2.129319         8.634723         7.626895
12.70652889      3.057238173      0.226621159
6.74108827       2.704296653      0.267582891
2.004960         5.252182         5.021415
10.48700483      2.831310279      0.247996008
12.70652889      3.057238173      0.226621159
2.244851         9.836150         8.595931
8.053656975      2.721415694      0.249142978
10.48700483      2.831310279      0.247996008
2.089899         8.132033         7.225679
```

LAMPIRAN C (LANJUTAN)

9.792106423	2.782283072	0.244643539
8.053656975	2.721415694	0.249142978
2.011873	6.258619	5.782122
11.57422487	2.933275398	0.232456383
9.792106423	2.782283072	0.244643539
2.053981	7.596190	6.805922
8.16154458	2.724841603	0.246691231
11.57422487	2.933275398	0.232456383
2.158140	8.965618	7.893180
8.756033116	2.767350272	0.248467801
8.16154458	2.724841603	0.246691231
2.013612	6.341128	5.845509
9.022208471	2.809084676	0.252678014
8.756033116	2.767350272	0.248467801
2.044431	6.799293	6.204854
10.40897045	2.823433393	0.248390624
9.022208471	2.809084676	0.252678014
2.075396	7.005216	6.375418
9.742201196	2.79140394	0.248071224
10.40897045	2.823433393	0.248390624
2.084396	8.072037	7.177532
10.96508581	2.881794974	0.244871784
9.742201196	2.79140394	0.248071224
2.061467	7.558551	6.781162
12.35369952	3.046623799	0.231221694
10.96508581	2.881794974	0.244871784
2.124998	8.499437	7.521604
9.947081424	2.828962472	0.242396783
12.35369952	3.046623799	0.231221694
2.238603	9.565530	8.388885
10.47397478	2.876252076	0.245701788
9.947081424	2.828962472	0.242396783
2.086618	7.715004	6.914763

LAMPIRAN C (LANJUTAN)

9.552898847	2.816189868	0.237451073
10.47397478	2.876252076	0.245701788
2.121284	8.121472	7.237345
11.05092254	2.889588351	0.231621686
9.552898847	2.816189868	0.237451073
2.076092	7.410346	6.683061
11.0804431	2.963601923	0.235748355
11.05092254	2.889588351	0.231621686
2.126752	8.562483	7.574194
8.632795812	2.78360558	0.249581212
11.0804431	2.963601923	0.235748355
2.180708	8.586163	7.622669
9.007193018	2.779209358	0.250818446
8.632795812	2.78360558	0.249581212
2.056341	6.704656	6.141041
9.609180075	2.816062181	0.248698657
9.007193018	2.779209358	0.250818446
2.053561	6.993227	6.354072
10.2972333	2.834770955	0.244036706
9.609180075	2.816062181	0.248698657
2.079229	7.456269	6.715312
10.63949904	2.802289745	0.246229452
10.2972333	2.834770955	0.244036706
2.091230	7.984998	7.118224
10.40874877	2.865141579	0.24702875
10.63949904	2.802289745	0.246229452
2.068700	8.249047	7.300848
13.10500226	3.049229681	0.228725853
10.40874877	2.865141579	0.24702875
2.113743	8.071553	7.195172
10.87115739	2.873566713	0.239132486
13.10500226	3.049229681	0.228725853
2.239745	10.143459	8.821243

LAMPIRAN C (LANJUTAN)

10.12296335	2.860321782	0.242961042
10.87115739	2.873566713	0.239132486
2.117484	8.425792	7.464184
10.08515608	2.910415912	0.239192634
10.12296335	2.860321782	0.242961042
2.109139	7.850563	7.029078
10.63887626	2.875049101	0.235472734
10.08515608	2.910415912	0.239192634
2.143775	7.820584	7.028717
12.37156197	3.081687313	0.23148789
10.63887626	2.875049101	0.235472734
2.117491	8.246093	7.331486
9.502896328	2.879461035	0.246304151
12.37156197	3.081687313	0.23148789
2.263680	9.579345	8.414075
9.128234562	2.834313676	0.251034477
9.502896328	2.879461035	0.246304151
2.123745	7.373880	6.681313
11.29501782	3.035199857	0.240383404
9.128234562	2.834313676	0.251034477
2.092913	7.086479	6.447024
11.07989175	3.043116509	0.238966049
11.29501782	3.035199857	0.240383404
2.233088	8.752452	7.776335
13.35889515	3.134301984	0.231018828
11.07989175	3.043116509	0.238966049
2.238325	8.586479	7.656225
6.568934314	2.663188637	0.281561208
13.35889515	3.134301984	0.231018828
2.301060	10.339484	9.003218
14.19679547	3.257041025	0.225625095
6.568934314	2.663188637	0.281561208
1.979662	5.122838	4.905087

LAMPIRAN C (LANJUTAN)

12.38039838	3.092631861	0.235489722
14.19679547	3.257041025	0.225625095
2.387025	10.983426	9.536460
11.08888674	3.056952514	0.245856399
12.38039838	3.092631861	0.235489722
2.272632	9.587069	8.423810
11.0425771	3.068929728	0.247906806
11.08888674	3.056952514	0.245856399
2.250168	8.594990	7.667283
11.20192245	3.135925746	0.242940436
11.0425771	3.068929728	0.247906806
2.259296	8.559803	7.645803
12.98963258	3.205046529	0.253994927
11.20192245	3.135925746	0.242940436
2.305639	8.681357	7.765808
10.53009122	3.093401537	0.260096129
12.98963258	3.205046529	0.253994927
2.358095	10.060436	8.821399
10.69837518	3.103515757	0.261339746
10.53009122	3.093401537	0.260096129
2.280243	8.167992	7.362061
10.36008026	3.109922595	0.264393652
10.69837518	3.103515757	0.261339746
2.287811	8.297857	7.462965
11.0224705	3.161778182	0.262082016
10.36008026	3.109922595	0.264393652
2.293256	8.038072	7.271513
12.19761121	3.20545592	0.251833165
11.0224705	3.161778182	0.262082016
2.329565	8.547581	7.673816
12.6505927	3.350775093	0.243847135
12.19761121	3.20545592	0.251833165
2.357766	9.450082	8.366953

LAMPIRAN C (LANJUTAN)

12.62545078	3.217176177	0.254742248
12.6505927	3.350775093	0.243847135
2.459087	9.797041	8.688870
11.91401069	3.169094908	0.261723638
12.62545078	3.217176177	0.254742248
2.366958	9.780188	8.617526
10.93557445	3.156023141	0.265239284
11.91401069	3.169094908	0.261723638
2.334679	9.233985	8.188677
10.90022854	3.201868039	0.263445562
10.93557445	3.156023141	0.265239284
2.326368	8.481397	7.621486
11.01368593	3.199395418	0.263879168
10.90022854	3.201868039	0.263445562
2.358541	8.453768	7.620727

;

```
proc syslin data=winny sur;
  Z1: model Z1t = Z1t1 V1t1 / noint ;
  Z2: model Z2t = Z2t1 V2t1/ noint ;
  Z3: model Z3t = Z3t1 V3t1/ noint ;
run;
```


LAMPIRAN D
Hasil Estimasi Parameter GSTAR-OLS (1₁) dengan Bobot
Invers Jarak

The SYSLIN Procedure
 Ordinary Least Squares Estimation

Model		Z1			
Dependent Variable		Z1t			
Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Z1t1	1	-0.43127	0.167727	-2.57	0.0128
V1t1	1	6.975824	0.824512	8.46	<.0001

The SYSLIN Procedure
 Ordinary Least Squares Estimation

Model			Z2		
Dependent Variable			Z2t		
Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Z2t1	1	1.344546	0.047941	28.05	<.0001
V2t1	1	-0.12316	0.017072	-7.21	<.0001

The SYSLIN Procedure
 Ordinary Least Squares Estimation

Model		Z3			
Dependent Variable		Z3t			
Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Z3t1	1	0.736768	0.034270	21.50	<.0001
V3t1	1	0.008899	0.001143	7.78	<.0001

LAMPIRAN E **Hasil Estimasi Parameter GSTAR-SUR (1₁) dengan Bobot** **Invers Jarak**

The SYSLIN Procedure
 Seemingly Unrelated Regression Estimation

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Z1t1	1	-0.41364	0.155965	-2.65	0.0103
V1t1	1	6.888882	0.766254	8.99	<.0001

Model
 Dependent Variable Z2
 Z2t

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Z2t1	1	1.340237	0.044863	29.87	<.0001
V2t1	1	-0.12163	0.015983	-7.61	<.0001

Model
 Dependent Variable Z3
 Z3t

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Z3t1	1	0.745782	0.031789	23.46	<.0001
V3t1	1	0.008602	0.001063	8.10	<.0001

LAMPIRAN F
Program SAS Estimasi Parameter Kunjungan Wisatawan
dengan Bobot Korelasi Silang

```
data winny;
input Z1t Z2t Z3t Z1t1 Z2t1 Z3t1 V1t1 V2t2 V3t3;
datalines;
8.815019496      2.770142258      0.249280366
10.94454829      2.898505357      0.235378473
2.2140817        7.9459807        6.6881916
8.649842974      2.763205364      0.245659671
8.815019496      2.770142258      0.249280366
2.1222808        6.4166125        5.6172794
8.402650322      2.760295893      0.247236018
8.649842974      2.763205364      0.245659671
2.1161961        6.2966716        5.5358117
10.26987707      2.810873005      0.243279979
8.402650322      2.760295893      0.247236018
2.1144395        6.1191343        5.4178448
11.08007554      2.834770955      0.238906859
10.26987707      2.810873005      0.243279979
2.1510016        7.4624299        6.3240639
11.1424024      2.890037811      0.239448739
11.08007554      2.834770955      0.238906859
2.1676339        8.0445483        6.7183094
6.74108827      2.704296653      0.267582891
11.1424024      2.890037811      0.239448739
2.2088364        8.0895754        6.7769015
12.70652889      3.057238173      0.226621159
6.74108827      2.704296653      0.267582891
2.0780612        4.9285068        4.6056255
10.48700483      2.831310279      0.247996008
12.70652889      3.057238173      0.226621159
2.3297696        9.2121547        7.6020541
8.053656975      2.721415694      0.249142978
10.48700483      2.831310279      0.247996008
2.1673985        7.6200824        6.4371424
```

LAMPIRAN F (LANJUTAN)

9.792106423	2.782283072	0.244643539
8.053656975	2.721415694	0.249142978
2.0860416	5.8683931	5.2329013
11.57422487	2.933275398	0.232456383
9.792106423	2.782283072	0.244643539
2.1301097	7.1188168	6.0839099
8.16154458	2.724841603	0.246691231
11.57422487	2.933275398	0.232456383
2.2391649	8.3985297	7.0031626
8.756033116	2.767350272	0.248467801
8.16154458	2.724841603	0.246691231
2.0879570	5.9453856	5.2855287
9.022208471	2.809084676	0.252678014
8.756033116	2.767350272	0.248467801
2.1199975	6.3739148	5.5880199
10.40897045	2.823433393	0.248390624
9.022208471	2.809084676	0.252678014
2.1520882	6.5667399	5.7354660
9.742201196	2.79140394	0.248071224
10.40897045	2.823433393	0.248390624
2.1616474	7.5640081	6.3962213
10.96508581	2.881794974	0.244871784
9.742201196	2.79140394	0.248071224
2.1377674	7.0838448	6.0652294
12.35369952	3.046623799	0.231221694
10.96508581	2.881794974	0.244871784
2.2041057	7.9634259	6.6890250
9.947081424	2.828962472	0.242396783
12.35369952	3.046623799	0.231221694
2.3230655	8.9594057	7.4302565
10.47397478	2.876252076	0.245701788
9.947081424	2.828962472	0.242396783
2.1642151	7.2297697	6.1815965

LAMPIRAN F (LANJUTAN)

9.552898847	2.816189868	0.237451073
10.47397478	2.876252076	0.245701788
2.2002007	7.6100583	6.4547795
11.05092254	2.889588351	0.231621686
9.552898847	2.816189868	0.237451073
2.1534540	6.9445735	5.9891798
11.0804431	2.963601923	0.235748355
11.05092254	2.889588351	0.231621686
2.2064909	8.0215183	6.7335768
8.632795812	2.78360558	0.249581212
11.0804431	2.963601923	0.235748355
2.2625436	8.0439286	6.7866341
9.007193018	2.779209358	0.250818446
8.632795812	2.78360558	0.249581212
2.1323613	6.2854957	5.5385742
9.609180075	2.816062181	0.248698657
9.007193018	2.779209358	0.250818446
2.1294129	6.5554081	5.7125897
10.2972333	2.834770955	0.244036706
9.609180075	2.816062181	0.248698657
2.1562498	6.9882453	6.0156207
10.63949904	2.802289745	0.246229452
10.2972333	2.834770955	0.244036706
2.1689523	7.4823383	6.3495907
10.40874877	2.865141579	0.24702875
10.63949904	2.802289745	0.246229452
2.1453822	7.7293836	6.4936153
13.10500226	3.049229681	0.228725853
10.40874877	2.865141579	0.24702875
2.1922866	7.5634672	6.4181806
10.87115739	2.873566713	0.239132486
13.10500226	3.049229681	0.228725853
2.3243602	9.4996449	7.7854986

LAMPIRAN F (LANJUTAN)

10.12296335	2.860321782	0.242961042
10.87115739	2.873566713	0.239132486
2.1965171	7.8941904	6.6404319
10.08515608	2.910415912	0.239192634
10.12296335	2.860321782	0.242961042
2.1876601	7.3565627	6.2810260
10.63887626	2.875049101	0.235472734
10.08515608	2.910415912	0.239192634
2.2239115	7.3282863	6.2897185
12.37156197	3.081687313	0.23148789
10.63887626	2.875049101	0.235472734
2.1966780	7.7259233	6.5318117
9.502896328	2.879461035	0.246304151
12.37156197	3.081687313	0.23148789
2.3491861	8.9723412	7.4572183
9.128234562	2.834313676	0.251034477
9.502896328	2.879461035	0.246304151
2.2027397	6.9110505	5.9990991
11.29501782	3.035199857	0.240383404
9.128234562	2.834313676	0.251034477
2.1704109	6.6426185	5.7987504
11.07989175	3.043116509	0.238966049
11.29501782	3.035199857	0.240383404
2.3169320	8.1997202	6.9255741
13.35889515	3.134301984	0.231018828
11.07989175	3.043116509	0.238966049
2.3224498	8.0444326	6.8284376
6.568934314	2.663188637	0.281561208
13.35889515	3.134301984	0.231018828
2.3881582	9.6830898	7.9500854
14.19679547	3.257041025	0.225625095
6.568934314	2.663188637	0.281561208
2.0511104	4.8084698	4.5027949

LAMPIRAN F (LANJUTAN)

12.38039838	3.092631861	0.235489722
14.19679547	3.257041025	0.225625095
2.4779671	10.2848678	8.4096654
11.08888674	3.056952514	0.245856399
12.38039838	3.092631861	0.235489722
2.3583463	8.9798240	7.4671699
11.0425771	3.068929728	0.247906806
11.08888674	3.056952514	0.245856399
2.3345008	8.0528382	6.8399935
11.20192245	3.135925746	0.242940436
11.0425771	3.068929728	0.247906806
2.3439268	8.0200694	6.8245176
12.98963258	3.205046529	0.253994927
11.20192245	3.135925746	0.242940436
2.3924285	8.1334075	6.9350102
10.53009122	3.093401537	0.260096129
12.98963258	3.205046529	0.253994927
2.4466263	9.4236540	7.8135866
10.69837518	3.103515757	0.261339746
10.53009122	3.093401537	0.260096129
2.3652420	7.6544926	6.5960824
10.36008026	3.109922595	0.264393652
10.69837518	3.103515757	0.261339746
2.3730765	7.7760053	6.6806945
11.0224705	3.161778182	0.262082016
10.36008026	3.109922595	0.264393652
2.3786217	7.5332880	6.5247469
12.19761121	3.20545592	0.251833165
11.0224705	3.16177818	0.262082016
2.4165563	8.0095617	6.8641643
12.6505927	3.350775093	0.243847135
12.19761121	3.20545592	0.251833165
2.4463749	8.8527934	7.4407611

LAMPIRAN F (LANJUTAN)

12.62545078	3.217176177	0.254742248
12.6505927	3.350775093	0.243847135
2.5522946	9.1767039	7.7309892
11.91401069	3.169094908	0.261723638
12.62545078	3.217176177	0.254742248
2.4558307	9.1616524	7.6484735
10.93557445	3.156023141	0.265239284
11.91401069	3.169094908	0.261723638
2.4219005	8.6513703	7.2879502
10.90022854	3.201868039	0.263445562
10.93557445	3.156023141	0.265239284
2.4130917	7.9478806	6.8201918
11.01368593	3.199395418	0.263879168
10.90022854	3.201868039	0.263445562
2.4466935	7.9219293	6.8277958
;		
proc syslin data=winny sur;		
Z1: model Z1t = Z1t1 V1t1 / noint ;		
Z2: model Z2t = Z2t1 V2t1/ noint ;		
Z3: model Z3t = Z3t1 V3t1/ noint ;		
run;		

LAMPIRAN G
Hasil Estimasi Parameter GSTAR-OLS (1₁) dengan Bobot
Korelasi Silang

The SYSLIN Procedure
 Ordinary Least Squares Estimation

Model		Z1			
Dependent Variable		Z1t			
Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Z1t1	1	-0.43506	0.168193	-2.59	0.0123
V1t1	1	6.742737	0.797057	8.46	<.0001

The SYSLIN Procedure
 Ordinary Least Squares Estimation

Model		Z2			
Dependent Variable		Z2t			
Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Z2t1	1	1.345631	0.048110	27.97	<.0001
V2t1	1	-0.13185	0.018284	-7.21	<.0001

The SYSLIN Procedure
 Ordinary Least Squares Estimation

Model		Z3			
Dependent Variable		Z3t			
Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Z3t1	1	0.724397	0.035774	20.25	<.0001
V3t1	1	0.010434	0.001338	7.80	<.0001

LAMPIRAN H **Hasil Estimasi Parameter GSTAR-SUR (1₁) dengan Bobot** **Korelasi Silang**

The SYSLIN Procedure
 Seemingly Unrelated Regression Estimation

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Z1t1	1	-0.40995	0.155315	-2.64	0.0107
V1t1	1	6.623411	0.735667	9.00	<.0001

Model
 Dependent Variable Z2
 Z2t

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Z2t1	1	1.339259	0.044771	29.91	<.0001
V2t1	1	-0.12944	0.017023	-7.60	<.0001

Model
 Dependent Variable Z3
 Z3t

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Z3t1	1	0.735319	0.032956	22.31	<.0001
V3t1	1	0.010030	0.001235	8.12	<.0001

LAMPIRAN I

Syntax Matlab Uji Normalitas

```

clc
clear all
X1=xlsread('UJI MULTIVARIATE NORMAL
SEMUA.xlsx',1,'B2:B60');
X2=xlsread('UJI MULTIVARIATE NORMAL
SEMUA.xlsx',1,'C2:C60');
X3=xlsread('UJI MULTIVARIATE NORMAL
SEMUA.xlsx',1,'D2:D60');
X=[X1 X2 X3];
alpha=0.05;

mX = mean(X); %Means vector from data matrix X.
[n,p] = size(X);
difT = [];

for j = 1:p;
    eval(['difT=[difT,(X(:,j)-mean(X(:,j))))'];]);
end;

S = cov(X);
D2T = difT*inv(S)*difT';
D2 = sort(diag(D2T)); %Ascending squared Mahalanobis
distances.

Pr = [];
for i = 1:n;
    eval(['pr' num2str(i) '=(i-0.5)/n;']);
    eval(['x= pr' num2str(i) '']);
    Pr = [Pr,x]; %Corresponding sampling percentiles.
end;

```

LAMPIRAN I (LANJUTAN)

```

X2 = [];
for i = 1:n
    eval(['X2' num2str(i) '=chi2inv(pr' num2str(i) ',p);'])
    eval(['x= X2' num2str(i) ' ');']);
    X2=[X2,x]; %Expected chi-square distribution with p
degrees of freedom, associated
           %to the sampling percentiles.
end;

X = D2;
Y = X2';
%Test of the straight line by the least squares fitting method.
X = [ones(size(X)) X];
b = inv(X'*X)*(X'*Y);

```


LAMPIRAN J

Tabel Distribusi-t

Pr	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001
df	0.50	0.20	0.10	0.050	0.02	0.010	0.002
1	1.00000	3.07768	6.31375	12.70620	31.82052	63.65674	318.30884
2	0.81650	1.88562	2.91999	4.30265	6.96456	9.92484	22.32712
3	0.76489	1.63774	2.35336	3.18245	4.54070	5.84091	10.21453
4	0.74070	1.53321	2.13185	2.77645	3.74695	4.60409	7.17318
5	0.72669	1.47588	2.01505	2.57058	3.36493	4.03214	5.89343
6	0.71756	1.43976	1.94318	2.44691	3.14267	3.70743	5.20763
7	0.71114	1.41492	1.89458	2.36462	2.99795	3.49948	4.78529
8	0.70639	1.39882	1.85955	2.30800	2.89846	3.35539	4.50079
9	0.70272	1.38303	1.83311	2.26216	2.82144	3.24984	4.29681
10	0.69981	1.37218	1.81246	2.22814	2.76377	3.16927	4.14370
11	0.69745	1.36343	1.79588	2.20099	2.71808	3.10581	4.02470
12	0.69548	1.35622	1.78229	2.17881	2.68100	3.05454	3.92963
13	0.69383	1.35017	1.77093	2.16037	2.65031	3.01228	3.85198
14	0.69242	1.34503	1.76131	2.14479	2.62449	2.97684	3.78739
15	0.69120	1.34061	1.75305	2.13145	2.60248	2.94671	3.73283
16	0.69013	1.33676	1.74588	2.11991	2.58349	2.92078	3.68615
17	0.68920	1.33338	1.73961	2.10982	2.56693	2.89823	3.64577
18	0.68836	1.33039	1.73406	2.10092	2.55238	2.87844	3.61048
19	0.68762	1.32773	1.72913	2.09302	2.53948	2.86093	3.57940
20	0.68695	1.32534	1.72472	2.08596	2.52798	2.84534	3.55181
21	0.68635	1.32319	1.72074	2.07961	2.51765	2.83136	3.52715
22	0.68581	1.32124	1.71714	2.07387	2.50832	2.81876	3.50499
23	0.68531	1.31946	1.71387	2.06866	2.49987	2.80734	3.48496
24	0.68485	1.31784	1.71088	2.06390	2.49216	2.79694	3.46678
25	0.68443	1.31635	1.70814	2.05954	2.48511	2.78744	3.45019
26	0.68404	1.31497	1.70562	2.05553	2.47863	2.77871	3.43500
27	0.68368	1.31370	1.70329	2.05183	2.47266	2.77068	3.42103
28	0.68335	1.31253	1.70113	2.04841	2.46714	2.76326	3.40816
29	0.68304	1.31143	1.69913	2.04523	2.46202	2.75639	3.39624
30	0.68276	1.31042	1.69726	2.04227	2.45726	2.75000	3.38518
31	0.68249	1.30946	1.69552	2.03951	2.45282	2.74404	3.37490
32	0.68223	1.30857	1.69389	2.03693	2.44868	2.73848	3.36531
33	0.68200	1.30774	1.69236	2.03452	2.44479	2.73328	3.35634
34	0.68177	1.30695	1.69092	2.03224	2.44115	2.72839	3.34793
35	0.68156	1.30621	1.68957	2.03011	2.43772	2.72381	3.34005
36	0.68137	1.30551	1.68830	2.02809	2.43449	2.71948	3.33262
37	0.68118	1.30485	1.68709	2.02619	2.43145	2.71541	3.32563
38	0.68100	1.30423	1.68595	2.02439	2.42857	2.71156	3.31903
39	0.68083	1.30364	1.68488	2.02269	2.42584	2.70791	3.31279
40	0.68067	1.30308	1.68385	2.02108	2.42326	2.70446	3.30688

LAMPIRAN J (LANJUTAN)

Pr df	0.25 0.50	0.10 0.20	0.05 0.10	0.025 0.050	0.01 0.02	0.005 0.010	0.001 0.002
41	0.68052	1.30254	1.68288	2.01954	2.42080	2.70118	3.30127
42	0.68038	1.30204	1.68195	2.01808	2.41847	2.69807	3.29595
43	0.68024	1.30155	1.68107	2.01669	2.41625	2.69510	3.29089
44	0.68011	1.30109	1.68023	2.01537	2.41413	2.69228	3.28607
45	0.67998	1.30065	1.67943	2.01410	2.41212	2.68959	3.28148
46	0.67986	1.30023	1.67866	2.01290	2.41019	2.68701	3.27710
47	0.67975	1.29982	1.67793	2.01174	2.40835	2.68456	3.27291
48	0.67964	1.29944	1.67722	2.01063	2.40658	2.68220	3.26891
49	0.67953	1.29907	1.67655	2.00958	2.40489	2.67995	3.26508
50	0.67943	1.29871	1.67591	2.00856	2.40327	2.67779	3.26141
51	0.67933	1.29837	1.67528	2.00758	2.40172	2.67572	3.25789
52	0.67924	1.29805	1.67469	2.00665	2.40022	2.67373	3.25451
53	0.67915	1.29773	1.67412	2.00575	2.39879	2.67182	3.25127
54	0.67906	1.29743	1.67356	2.00488	2.39741	2.66998	3.24815
55	0.67898	1.29713	1.67303	2.00404	2.39608	2.66822	3.24515
56	0.67890	1.29685	1.67252	2.00324	2.39480	2.66651	3.24228
57	0.67882	1.29658	1.67203	2.00247	2.39357	2.66487	3.23948
58	0.67874	1.29632	1.67155	2.00172	2.39238	2.66329	3.23680
59	0.67867	1.29607	1.67109	2.00100	2.39123	2.66176	3.23421
60	0.67860	1.29582	1.67065	2.00030	2.39012	2.66028	3.23171
61	0.67853	1.29558	1.67022	1.99962	2.38905	2.65886	3.22930
62	0.67847	1.29536	1.66980	1.99897	2.38801	2.65748	3.22696
63	0.67840	1.29513	1.66940	1.99834	2.38701	2.65615	3.22471
64	0.67834	1.29492	1.66901	1.99773	2.38604	2.65485	3.22253
65	0.67828	1.29471	1.66864	1.99714	2.38510	2.65360	3.22041
66	0.67823	1.29451	1.66827	1.99656	2.38419	2.65239	3.21837
67	0.67817	1.29432	1.66792	1.99601	2.38330	2.65122	3.21639
68	0.67811	1.29413	1.66757	1.99547	2.38245	2.65008	3.21446
69	0.67806	1.29394	1.66724	1.99495	2.38161	2.64898	3.21260
70	0.67801	1.29376	1.66691	1.99444	2.38081	2.64790	3.21079
71	0.67796	1.29359	1.66660	1.99394	2.38002	2.64686	3.20903
72	0.67791	1.29342	1.66629	1.99346	2.37926	2.64585	3.20733
73	0.67787	1.29326	1.66600	1.99300	2.37852	2.64487	3.20567
74	0.67782	1.29310	1.66571	1.99254	2.37780	2.64391	3.20406
75	0.67778	1.29294	1.66543	1.99210	2.37710	2.64298	3.20249
76	0.67773	1.29279	1.66515	1.99167	2.37642	2.64208	3.20096
77	0.67769	1.29264	1.66488	1.99125	2.37576	2.64120	3.19948
78	0.67765	1.29250	1.66462	1.99085	2.37511	2.64034	3.19804
79	0.67761	1.29236	1.66437	1.99045	2.37448	2.63950	3.19663
80	0.67757	1.29222	1.66412	1.99006	2.37387	2.63869	3.19526

LAMPIRAN K
Tabel Nilai Kritis Mackinnon

n	Model	Point(%)	ϕ_{∞}	SE	ϕ_1	ϕ_2
1	No constant, no Trend	1	-2.5658	(0.0023)	-1.960	-10.04
		5	-1.9393	(0.0008)	-0.398	-0.00
		10	-1.6156	(0.0007)	-0.181	-0.00
1	Constant, no trend	1	-3.4336	(0.0024)	-5.999	-29.25
		5	-2.8621	(0.0011)	-2.738	-8.36
		10	-2.5671	(0.0009)	-1.438	-4.48
1	Constant + trend	1	-3.9638	(0.0019)	-8.353	-47.44
		5	-3.4126	(0.0012)	-4.039	-17.83
		10	-3.1279	(0.0009)	-2.418	-7.58
2	Constant, no trend	1	-3.9001	(0.0022)	-10.534	-30.03
		5	-3.3377	(0.0012)	-5.967	-8.98
		10	-3.0462	(0.0009)	-4.069	-5.73
2	Constant + trend	1	-4.3266	(0.0022)	-15.531	-34.03
		5	-3.7809	(0.0013)	-9.421	-15.06
		10	-3.4959	(0.0009)	-7.203	-4.01
3	Constant, no trend	1	-4.2981	(0.0023)	-13.790	-46.37
		5	-3.7429	(0.0012)	-8.352	-13.41
		10	-3.4518	(0.0010)	-6.241	-2.79
3	Constant + trend	1	-4.6676	(0.0022)	-18.492	-49.35
		5	-4.1193	(0.0011)	-12.024	-13.13
		10	-3.8344	(0.0009)	-9.188	-4.85

BIODATA PENULIS



Winni Putri Ivana Septyaningrum atau biasa dipanggil Winni lahir di Surabaya, 29 September 1995. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Kartika IV-8 Surabaya, SMP Negeri 1 Pacitan dan SMA Negeri 1 Pacitan. Melalui jalur SNMPTN, penulis diterima di Jurusan S1 Matematika, FMIPA ITS Surabaya pada tahun 2013. Di jurusan Matematika, penulis mengambil bidang minat Riset Operasi dan Pengolahan Data.

Semasa kuliah, penulis juga aktif berorganisasi dan kegiatan kemahasiswaan, diantaranya aktif sebagai staff Perekonomian HIMATIKA ITS periode 2014/2015, sebagai staff Bidang Bisnis Koperasi dr. Angka ITS periode 2014/2015, sebagai Asisten Bidang Bisnis Koperasi dr. Angka ITS periode 2015/2016 dan diamanahi sebagai Ketua Bidang Keuangan Koperasi dr. Angka ITS periode 2016/2017.

Informasi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini dapat ditujukan ke penulis melalui email: winnyivanaaa@gmail.com.